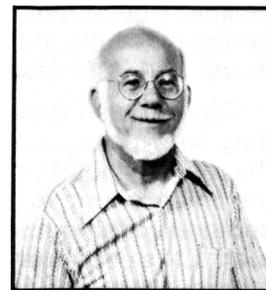


DRILL POINT GEOMETRY

by JOSEPH MAZOFF

Mr. Joseph Mazoff, inventor and member of the Society of Manufacturing Engineers, started his metal crafts career in Pennsylvania as a young apprentice nine years old in a black smith shop in 1926. In 1938 at age 18, competing against more than 300 experienced competitors in their fifties and sixties, Mr. Mazoff took first place in the Pennsylvania state wide tool grinding contest, including twist drill sharpening.



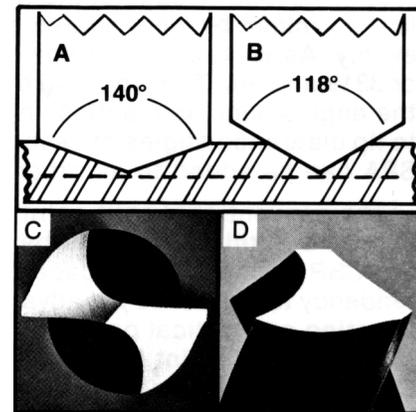
Mr. Mazoff has lectured on Drill Point Geometry in various universities such as Brigham Young and other teaching institutions in nationwide states such as Texas, Kentucky, Pennsylvania, Ohio, New Mexico and other states.

Mr. Mazoff has also conducted Drill Point Geometry seminars at large machine shops at major industrial plants such as Pratt & Whitney at East Hartford, Connecticut, General Electric at Schenectady, N.Y., The Abex Corporation, The Philadelphia Naval Shipyard & other major installations that have large machine shops.

Also, Mr. Mazoff authored an 11 page article titled "Choose the Best Drill Point Geometry" which was printed in the June 1989 issue of "Modern Machine Shop" magazine. (Reprints of article available by contacting "Modern Machine Shop" magazine).

Back in the Appalachian Mountains where the author started his career in a blacksmith shop, electricity was unknown. Consequently, when drilling holes manually with 1-1/2" diameter drills, such drilling was painstakingly slow, requiring much time, patience and physical effort. Therefore, through experimentation; it was established that once a conical (conventional) surfaced drill was ground with a flat surface (multi-faceted point); it produced a linear chisel which required 150 percent less thrust than a conventional drill. However, as manual proficiency to grind multi-faceted points declined down through the years, such points declined accordingly because they are extremely difficult to grind by hand. However, due to the recent advent of NC machinery that demands self-centering points, multi-faceting has been revived to meet the demand.

As you will note in the pages that follow, a most important feature of multi-faceting is the wide variety of drill points it permits to better serve the craftsmen's needs; especially in this modern age of exotic metals. Exotic metals are indispensable, compelling our craftsmen to adapt to more up to date Drill Point Geometry. Hence, the purpose of this article is to inform and update craftsmen on this superior type of drill point geometry with its greater variety of geometrical patterns for more advantageous applications. Other aspects of drill point geometry will be covered that are rarely or ever covered in print since practically all drill point data deals with the same meaningless information telling craftsmen that "It's important to Keep Drills Sharp." Instead, this article elaborates on how to sharpen drills for best results and to clarify long standing unproductive misconceptions. The drill is the most important, least understood, and most neglected of all cutting tools, and we accept drill point standards, based on inflexible precedent rather than logical deduction and experimentation. As an example, craftsmen assume that the 118° point is a good compromise or general purpose point for drilling a variety of different metals and this erroneous information appears in machine shop textbooks. Varying the point angle has nothing to do with cutting action. The 118° point is pure myth. In reality, a compromise between high and low lip clearance angles is the determining factor for a general purpose cutting tool, NOT the (non-cutting) point angles. On the other hand, when lip clearance angles are compromised, we are bucking the "laws of physics". Meaning that if we compromise the cutting edge of an axe, it will do a poor job to either shave a beard or split a log. Thus, lip clearance angles must be adjusted to the metal's degree of hardness and machineability. GENERALLY, less clearance for hard metals and increased clearance for softer metals accordingly.

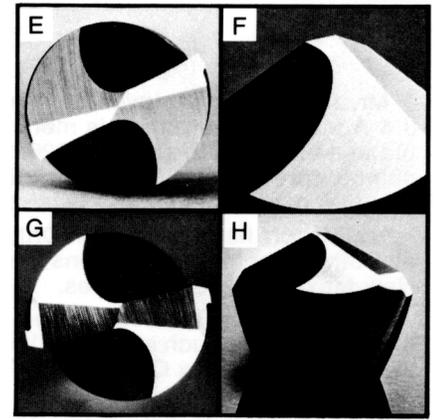


As to drill point angles, note in fig. A, that the full length of the cutting lips are involved in cutting action while in fig. B, only 64 percent of the lips length are involved in the same depth of parent metal. Maximum rate of penetration into metal occurs only when the full length of the cutting lips are involved in the material. Thus, the more blunt the point, the sooner the lips are involved in full cutting action. Although figures A and B have the same width denoting the same drill diameter, the more blunt point of fig. A has shorter over all cutting lip lengths than fig. B's. This means that fig. B would drill the same size hole but with longer lip lengths and a wider ribbon, thus creating more torque for the same size drill. Specifically, the lip length of a 1" diameter drill with 140° included angles will measure 9/16" per lip and the same drill with 118° included angles will measure 39/64" length per lip. Multiplied by both cutting edges, the 1" drill with 118° included angles is the equivalent of drilling with 3/32" larger diameter drill. With larger drills, the spread is markedly increased.

Note in Fig. D that the chisel's profile is flat (linear) running straight across the drill, forming sharp acute angle corners where the chisel ends join with the web surface. When drilling a hole, the chisel's full length contacts metal and the chisel's corners simultaneously augurs into the metal, immediately producing chips. Furthermore, the flat ground facets produce a pronounced sharp edge on the chisel as seen in Fig. C. As a result, the chisel has outstanding extruding properties permitting less thrust, less heat, and greater productivity than the conventional drill. The conventional drill has a bow shaped (non-linear) chisel which literally wears a saucer shaped depression in the metal for the full depth of the hole. In stainless steel, frictional heat is sufficient to turn such a drill blue, generating temperatures over 1000°. With rounded surfaces on each side of the conventional drill, it has poor extruding properties, calling for high thrust pressure.

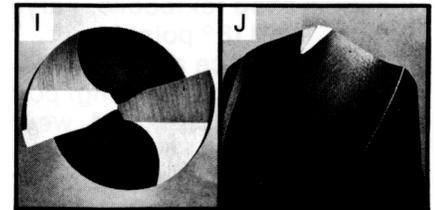
In drilling operations, the by-products of rotational energy is chips and heat, either high heat and less chips or less heat and more chips. Multi-faceted geometry generates the least amount of heat of all the drill point patterns. In comparing two drills of the same diameter, the multi-faceted drill features 150% less thrust and 70% less heat than a conventional drill.

Four faceted drill points consist of separate cutting lip (primary) and secondary heel clearance (relief) facets (fig. E) and extending the secondary facets to the midway point of the chisel produces the apex (point) (fig. F) at the center of the chisel's long axis. As a result, it produces a self-centering point, eliminating center punching and pilot holes. It won't walk, and is the most accurate of all points. It's especially applicable to NC machines, matched holes on dies and can be ground on the largest of drills. Primary facet angles is determined by the nature of the material being drilled while secondary facet angles are at 20°.



The 6 faceted drill with secondary point angles (SPA) is the most durable of points, but least understood and utilized. The 5th and 6th facets form secondary drill point angles (fig. G & H). The weakest area of the point is the outside cutting lip corners which are also exposed to the greatest amount of stress and travel. Consequently, drill points break down most frequently at those corners. Secondary point angles reduce those acute angles. (fig.H) to reduce corner breakdown, and consequently, reduces regrinding frequency which increases drill life. By actual tests in our shop, we have obtained as high as 700% more holes than a conventional conical ground At the Ford Motors Engine Plant in Ohio, the computer indicated an expected life cycle of 8000 holes. However once the same conventional drills were reground with the fig. H chamfered point, the computer printout showed a productivity of 31,057 holes. In compliance with my recommendation that Ford Motors reduce the cutting clearance, productivity increased to 37,100 holes at which time the drilling project was completed; but the drills were still in excellent condition. The attributing factors for such a sharp increase in productivity were the flat grind combined with the chamfered corners in G and H. Metal being drilled was cast iron. Secondary point angles produce secondary cutting lips that angle toward the heel corners (fig. G). As the drill rotates, the back of the secondary lips cuts metal with a slicing action which further reduces lip corner breakdown and less heat, drill torque, and less binding as the drill exits from the hole. This point is ideal for core holes and to material, producing burr free holes. There is also greater hole accuracy since the secondary point angles offer a self-seating, reaming action that resists lateral pressures. In addition, this point has good chip breaking properties since the primary and secondary cutting edges in fig. G, produces an angular formed ribbon that breaks readily as it curls against the flute surfaces. The amount of degrees that's ground on the secondary point angles is determined by what angles were ground for the primary point angles. The rule to follow is to split the angles evenly. As an example, if one side of the primary point angle is 67°, then the secondary would be half of or 33-1/2 and etc. This splitting of the angles is best seen in fig. H. However, there are some exceptions in splitting the angles such as plastics, in which case, the secondary angles should be decreased (more spearshaped). As to lip clearance angles of secondary cutting lips, they are generally the same as the primary lip clearance angles SPA can be added to all other points for increased accuracy and durability.)

The conventional split point (CSP) is highly productive but is limited since it cannot be utilized on drills beyond 1/2" dia. In addition, the neutral corners of the CSP impedes the escape of the chips resulting in a weld bead that has a tendency to neutralize the advantages of the CSP. Furthermore, the CSP is a most exacting and critical geometry to re-grind at the local shop level. However, the Modified Split Point (MSP) (figs. I and J) doesn't have the shortcomings of the CSP since re-grinding the MSP is not a critical operation. Furthermore, the MSP is a far more productive point. In fig. J, note that the webb's notch has a positive rake, resulting in secondary positive cutting edges up to the chisel, thereby increasing drilling efficiency. Also note that the secondary cutting edges blend into the primary cutting edges with less acute angled corners, thereby permitting the MSP to be ground on drills up to 3" in diameter. The chisel length (fig. I) can be reduced accordingly to a length of 0.050" for 3" diameter drills down to 0.010" for 1/4" drills, resulting in unparalleled extruding properties; permitting the cutting edges to bite deeper into the metal for thicker chips. The MSP produces a self centering drill which eliminates pilot holes even for 3" diameter drills. Notches are ground parallel to the flute angles (fig. J) which permits self cleansing notches, allowing chips to flow freely up the flute. With the notch on the opposite webb angling diagonally up and away from the other notch, the webb thickness is not compromised, thereby permitting a stronger point that allows increased thrust to drill holes more rapidly. As a result of these features, the MSP developed by the author is superior to the MSP produced by Renault-Peugeot or other sources.



Using the Swedish IMA drill press with controlled feed and speed settings, our company confirmed that the Modified Split Point produces 3 to 5 hundred percent more holes than the Conventional Split Point and 7 to 8 hundred percent more holes than new factory ground conventional drills. Written testimonials from other reputable sources confirms these findings. Modified Split Points also generate the least amount of heat of all twist drills. An article entitled "Pointing Towards High Drilling Rates" published in the June 1982 issue of Modern Machine Shop magazine, page 85, showed a thrust chart with the following information. At a feed rate of 0.027 IPF and four different drill points being the same diameter of 1.57 inches, the conventional drill required the most thrust, over 5,000 pounds while the MSP Renault-Peugeot point (R.P.) required the least amount of thrust, 2,000 pounds to drill the same size hole. However, the MSP developed by Mr. Mazoff requires 165% less thrust than the RP point to drill the same size hole.

In sharpening the MSP, chisel lengths are varied, ranging from 0.050" on a 3" diameter drill down to .010" on a 1/4" diameter drill. The rake across the webb (the notch) can be varied ranging from 5° positive for the softer materials to a 5° negative for the hardest materials. The MSP is especially outstanding for stainless, inconel, titanium and other difficult metals. The MSP is also self-centering, eliminating pilot holes.

The Dubbed drill (fig. K) can be used for drilling many materials in addition to brass and copper. Conventional twist drills have maximum positive rake (angle or pitch) of the flutes at the outer extremes of the cutting edges and gradually approaches a neutral or slightly negative angle at the webb center, depending on the drill's helical nature. This results in cutting edges with variation in cutting action, reduced to its minimum in the vicinity of the drill's center and excessive at the outside lip corners where there is the greatest degree of rake and rotary travel. This situation puts the cutting edges in the OD area under tremendous stress and is a primary reason for lip corner breakdown. However, dubbing the flute surfaces produces uniform rake angle across the full length of the cutting edges (fig. K), thereby increasing cutting action in the central area of the drill where it is normally minimal and gradually decreased toward the OD where it is normally excessive. This results in more equalized distribution of cutting action across the lips full length, thereby reducing corner breakdown while markedly increasing drilling efficiency. In fig. L, note the dubbed cutting edges have reduced the chisel's length. Therefore, a dubbed drill is also self centering, eliminates webb thinning, center punching and pilot holes. The notches on this drill also angle away from each other like the MSP to preserve the thickness of the webb's central surface for greater strength against crushing forces.

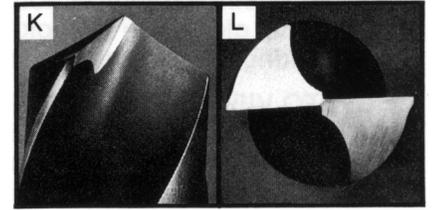
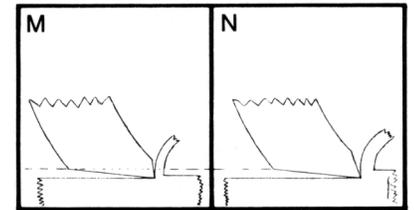


Fig. M and N are cross sections of dubbed rake angles, but note that the lip relief angles remain unchanged in both figures. However, the cutting edge in fig. N is producing the thicker chip because of an increased rake of the dubbed flute surface. Such geometry produces a planing action due to low lip relief angle which reduces hogging-in and drill chatter, thereby increasing productivity and accuracy. A reduced chisel as in fig. L and increasing or decreasing the rake accordingly permits a dubbed point to drill hard or soft metals, bakelite, fiberglass, plexiglass, copper or brass. When drilling very soft copper or brass, use 5° negative rake and as metal hardness increases, adjust the rake accordingly towards a positive rake angle.



Drills with unequal lands are quite common and they are simply IMPOSSIBLE to grind properly since the cutting lips are not at opposite positions of 180° from each other. Needless to say, such drills, even new ones will NOT drill efficiently or accurately. Equally deplorable and common are drills with unequal flute to flute surface configurations. However, dubbing such drills will dress out the differences, therefore leaving dubbed lips at a precise opposite 180° position from each other and uniform configuration of flute to flute surfaces. An additional problem is the numerous flute surfaces that have rough serrated surfaces that results in saw toothed cutting edges that break down more readily. Dubbing also solves this problem, producing smooth uniform surfaces on such drills, thereby increasing lip life.

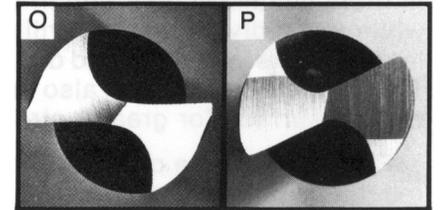
For stainless steel, drills are ground with 140° included drill point angles and 10 to 12° lip relief angle facets which assure more positive cutting action while the blunt 140° point assures maximum lip involvement in the earliest possible time. The key to drilling stainless steel is to avoid work hardening by obtaining maximum cutting action in minimum time. The recommended point is Fig. I in page 2 and secondary point angles (Fig. H, page 2) to strengthen the lip corners. The secondary cutting lips constitute 10 to 15 percent of the lips overall length. The notch (Fig. J P2) may vary from 5° positive notch for soft stainless, neutral for semi-hard and 5° negative for hard exotic metals.

Plastics are notorious to drill; demanding the highest degree of drill point accuracy; and especially the most blunt of all points. 1/8" thick plexiglass was drilled at 35° Fahrenheit above zero with a different variety of drill diameters and point angles. Beginning with 80° included angle drill points, the material would shatter every time as drill point began to emerge through the bottom surface of the material. As the point angle was increased (more blunt), destruction of the plexiglass was reduced accordingly. At 134°, breakage was markedly reduced. At 142°, there was no breakage. Chipping around the bottom shoulders of the hole as the drill exits was eliminated with secondary point angles (Fig. I, page 2). In this case, the secondary cutting lips were 20 percent of the overall lip length. Therefore, it was concluded that the recommended 60 to 80 included angle points were the most destructive in drilling plexiglass. With such a spear shaped point, when the drill begins to emerge from the materials, a small irregular circular shaped hole with feathered edges develops in the bottom surface. Consequently, spear-shaped cutting lips wedge into the feathered edges at right angles, causing a binding and locking action that instantaneously shatters the material. On the other hand, a blunt point with less wedging action exits more gradually with its cutting lips more parallel to the feathered edges. In essence, the recommended 60 to 80° point standards for drilling plastics have no scientific merit. In the final analysis, the most effective point consisted of 144° included angles for the primary point, 80 to 85° included secondary point angles, 4 to 5° primary clearance angle facets and 20° secondary heel clearance facets. (Twenty degree heel clearance facets automatically ground whenever primary angle facets are 8° or less). The general rule is that as the primary facet angles are reduced, the secondaries are increased accordingly as in figure P, page 4. Thus, blunt drill points with lip clearances adjusted for specific materials have equal application on hard and soft ferrous, non-ferrous, some non-metallic materials.

Excessive lip clearance is extensively practiced throughout the U.S. in fragile material, it causes severe hogging in and material destruction. Also, it produces over-sized holes and is a primary cause for reduced cutting edge life. Such excessive clearance is due to the tendency to incorrectly view the drill as shown in Fig. D. (P 1). In viewing that drill, most readers would insist that the drill has little or no lip clearance. However, it's an optical illusion since that drill actually has a high clearance of 15°. Never the less, practically all craftsmen try to determine lip clearance by looking directly into the drill as in Fig. D. In doing so, one is looking into a compound angle, looking at the overall surface of the drill rather than a side PROFILE of the cutting edge itself.

HOW TO VIEW LIP CLEARANCE ANGLE. An eyeball method that's fast and positive is to read the chisel line angle (chisel's length). If the chisel's line angle is on a vertical plane pointing to 12 o'clock (90° in relation to the cutting edges on a horizontal plane, lip clearance would be zero. But as lip clearance is gradually increased, the chisel line inclines diagonally to the right accordingly towards 1 o'clock. (fig. O). Therefore, by paralleling the cutting edge with a protractor, a reading of 110° of the chisel line angle denotes approximately 5° or low clearance; 120° indicates 8° or medium clearance, 130° indicates 11° or high clearance, and 135° indicates extra high clearance. With some practice, a glance will instantly reveal the clearance status quite accurately without a protractor.

HOW MUCH CLEARANCE DO WE NEED? Using a two faceted drill as fig. O for example, slight impingement about 1/32" in size first occurs at the rear outside heel corners when constant lip clearance is reduced down to 7°. At 5°, impingement is approximately 1/16" in size, and further clearance reductions result in a triangular shaped impingement radiating primarily toward the lips and secondarily towards the chisel. Therefore, a small secondary facet (fig. P) is required only when the constant clearance is 8° (medium clearance range) and the secondary facet size is increased gradually toward the cutting edge (fig. G P1), as the primary lip angle is reduced accordingly down to the 5 to 3 degree range (low and extra low clearance range).



In selecting the correct lip clearance angles, it requires analyzing the material's machinability, hardness, brittleness, fragility, etc. Since drill chatter and hogging in can be detrimental to both drill and material, it obviously demands reduced clearance in a fragile or hard material. Reduced clearance produces a smoother and more accurate hole while permitting increased drilling speeds to compensate for chip thinness.

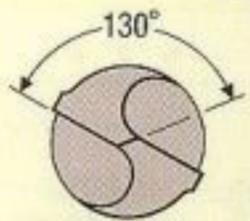
A FINAL NOTE ON PRODUCTIVITY: In the early fifties, the author was involved in introducing the dental profession to high speed air turbine mandrels that allowed dentists to drill out tooth decay at least 500 percent faster than with the former gear driven mandrels. In short, the metal fabricating industry is behind the times, losing countless millions of dollars due to low speed drilling operations. High speed and flood cooling is the ultimate answer for high productivity. However, drill presses must be in top condition with absolute accuracy. Readers should be forewarned that factory ground drills generally do not meet such accuracy requirements due to mass production; and also applies to various drill sharpeners that lack proper mechanical design and concepts to assure the extremely high degree of accuracy. In drilling operations, speeds 300 to 400 percent higher than recommended in the handbooks can be achieved. Handbooks must recommend lower speeds because of inaccurately, manually resharpened drills and run-out on worn drill presses.

Spades blades utilize the same geometry of this article and they are fabricated with more blunt points, therefore offering the users the advantageous features as reflected in this article. The spade blade has numerous superior advantages over twist drills; such as permitting a more open channel for the coolant to reach the cutting area in the hole, elimination of woodpeckering in deep holes and excellent chip breaking properties. And since the spade blade holder is a thick walled tubular structure, it possesses superior torque properties, therefore permitting much deeper holes than twist drills. In addition, one holder can accommodate up to eight different sized blades, thereby drastically reducing both cost and storage space to a fraction of eight twist drills. And since holders are produced in different lengths, the operator has more flexibility to meet specific drilling requirements. A primary objection to greater use of spade blades has been the expensive and time consuming resharpening operation. However, the Champ drill grinder rapidly sharpens spade blades. In most American machine shops, drills are in the most deplorable condition of all cutting tools, namely bent drills, with excessively thickened webs, large nicks and chips of the cutting edges, badly worn margins, scored and distorted shanks and cheap quality drills. It should be noted that top quality work demands top quality drills. Top quality drills are all the more important, considering that drilling operations lead all other fabricating steps. Drilling operations exceed milling, bending, stamping, turning and all other operations. It's impossible to calculate monetary loss as a result of unproductive drills in our nation's metal working shops. This monetary loss is compounded due to scrapping costly finished work pieces, nullified by the final step, the drilling operation, further compounded by a general lack of knowledge on drill point geometry; thereby failing to take advantage of the best geometrical patterns. The drill is simple in appearance but complex in function.

Newman Tools Inc.
185 Iber Rd.
Ottawa, Ontario, Canada K2S 1E7
Tel 613-836-6776 Fax 613-836-9070

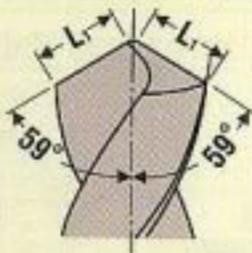
DRILL POINT SHARPENING

General Purpose 118° Point Angle



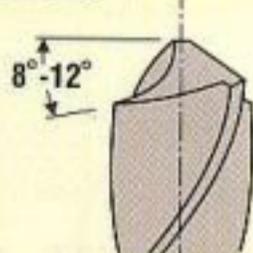
Chisel Edge Angle

The correct angle between the line across the dead centre and the cutting lip must be maintained.



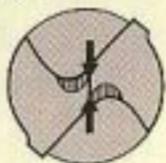
Drill Point Angle

It is vitally important that both lips should be identical in length and angle to the drill axis.



Lip Clearance Angle

The clearance behind the cutting edges (lips) must be greater than the rate of penetration.



Web Thinning

The web thickness gradually increases after the drill has been reground several times. It is therefore recommended that the original web thickness be maintained

RECOMMENDED WEB THICKNESS		
Diameter of drill		Web thickness
(mm)	(inch)	% of diameter
3	1/8"	20 %
6	1/4"	17 %
13	1/2"	14 %
25	1"	12 %
> 25	> 1"	11 %

Hints for Hand Grinding Twist Drills

The periphery of the wheel should be used for roughing-out of the drill point if much metal must be ground away.

The side of the wheel should be used for finishing.

Grinding Wheel Recommendations

38A60KVBE
or
SGB60JVH

The **DRILL POINT SHARPENING GAUGE** (on adjacent page) is the tool most frequently used to check the drill point during the sharpening operation.

Points to Note

- Keep the drill point constantly sharp.
- Avoid excessive grinding pressures
- Avoid overheating the drill point.
- Avoid sudden cooling of drill point.
- Use copious supply of coolant.

Roughing

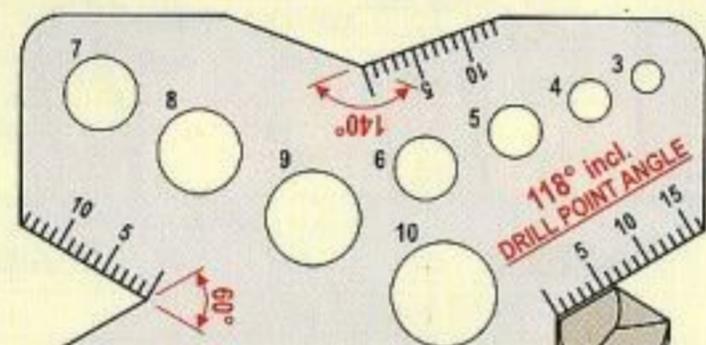
Procedure : The left hand thumb and forefinger is used as a pivot as illustrated and the back of the drill is held with the right hand thumb and forefinger and rotated in a clockwise direction advancing the drill into the grinding wheel.

Drill Test : To test whether a drill has been properly sharpened, drill a hole in soft metal and observe the chip formation. When properly sharpened, the chips will come out of the flutes in curled spirals of equal lengths.

Finishing

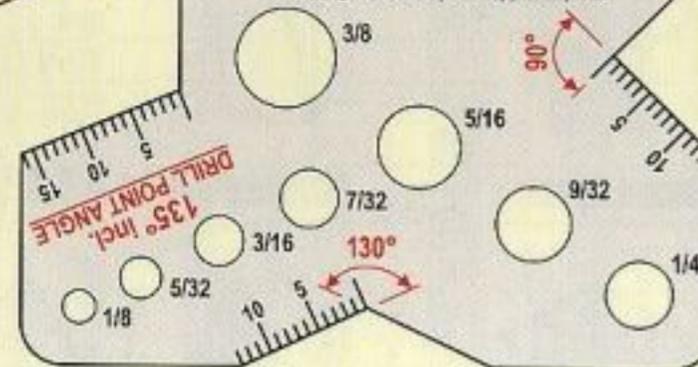
DRILL POINT SHARPENING GAUGE & EFFECTS OF INCORRECT GRINDING

Drill Point Sharpening Gauge



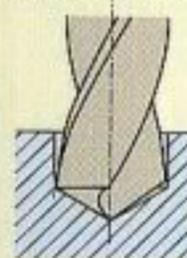
DRILL POINT SHARPENING GAUGE	
MILD STEEL	118°
HIGH TENSILE STEEL	130°-135°
STAINLESS STEEL	130°-135°
TOUGH STEEL	135°-140°
SHEET STEEL	130°-135°
ALUMINIUM	118°
BRASS, BRONZE	118°
CAST IRON	118°
PLASTICS	118°
HARD RUBBER, FIBRE	60°

Copyright © 2003 by Fat Rapp Enterprises

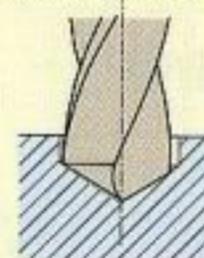


Effects of Incorrect Grinding of the Drill Point

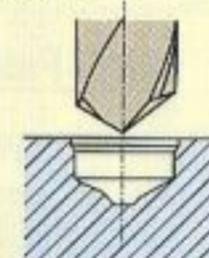
Incorrect grinding causes the drill bit to run out of true, producing oversized and often, out-of-round holes. This puts severe strain on the drill bit causing rapid wear and premature drill failure.



Lips of
EQUAL lengths but
UNEQUAL angles.



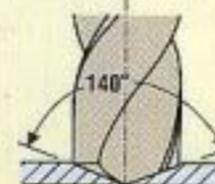
Lips of
UNEQUAL lengths
but **EQUAL** angles.



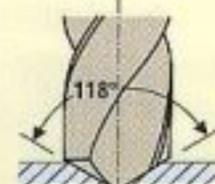
Lips of
UNEQUAL lengths
and **UNEQUAL** angles.

Drilling Thin Metal Sections

The point of the drill must be ground so that the outer corners are cutting before the points break through.

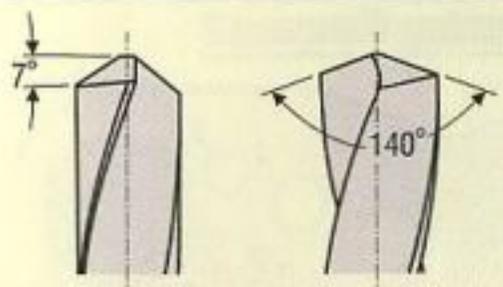


Correct

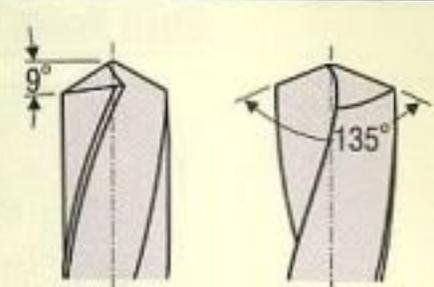


Incorrect

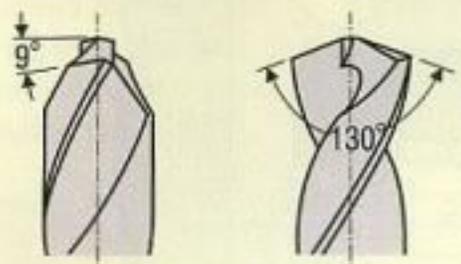
DRILL POINT GEOMETRY FOR VARIOUS MATERIALS



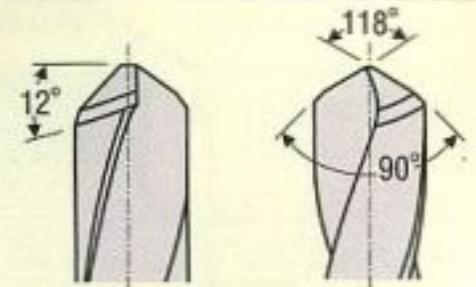
Tough Steels



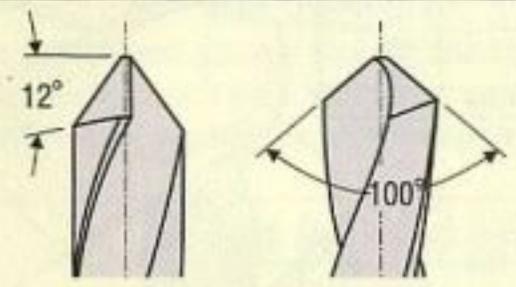
Stainless Steels



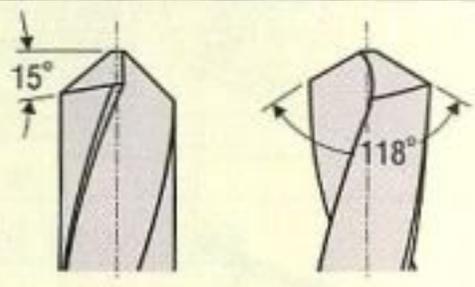
Deep Hole Drilling



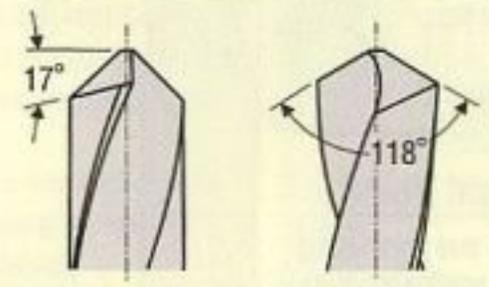
Cast Iron (Double-Angle Point)



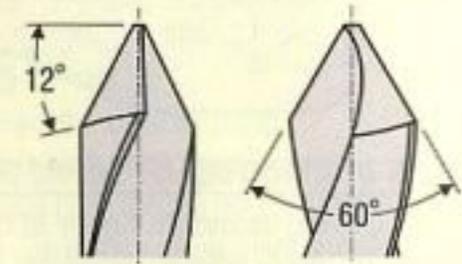
Copper & Some Copper Alloys



Aluminium, Brass & Soft Bronze

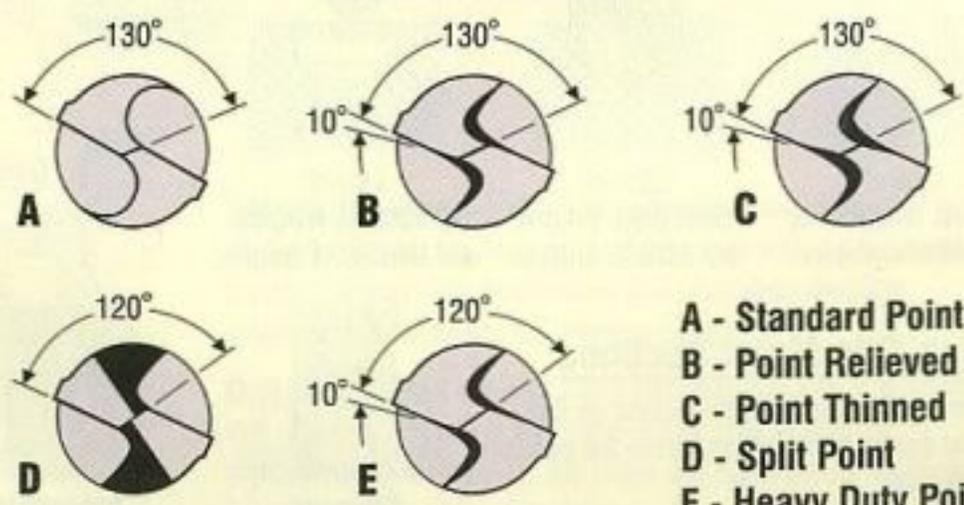


Bakelite, Plastics & Moulded Materials



Wood, Hard Rubber & Fibre

Drill Point Styles



- A - Standard Point
- B - Point Relieved
- C - Point Thinned
- D - Split Point
- E - Heavy Duty Point

SPEEDS & FEEDS FOR HIGH SPEED STEEL TWIST DRILLS

Work Material

	Stainless Steel	Tool Steel	Cast Iron	Malleable Iron	Medium Carbon Steel	Free Cutting Steel	Alum. Brass	Wood Plastic
--	-----------------	------------	-----------	----------------	---------------------	--------------------	-------------	--------------

Cutting Speed : Metres per minute

12	18	24	27	30	43	61	91
----	----	----	----	----	----	----	----

Cutting Speed : Feet per minute

40	60	80	90	100	140	200	300
----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

Drill Diameter

Spindle Speed RPM

Drill Diameter (mm)	Drill Diameter (inch)	Stainless Steel	Tool Steel	Cast Iron	Malleable Iron	Medium Carbon Steel	Free Cutting Steel	Alum. Brass	Wood Plastic
1.5	1/16	2445	3667	4889	5500	6112	8556	12223	18335
2.5	3/32	1620	2445	3259	3667	4074	5704	8149	12223
3	1/8	1222	1833	2445	2750	3056	4278	6112	9167
4	5/32	978	1467	1956	2200	2445	3422	4889	7334
5	3/16	815	1222	1630	1833	2037	2852	4074	6112
6	1/4	654	982	1309	1473	1637	2292	3274	4911
7	9/32	543	815	1086	1222	1358	1901	2716	4074
8	5/16	489	733	978	1100	1222	1711	2445	3667
9	11/32	448	672	896	1008	1120	1568	2241	3361
10	3/8	407	611	815	917	1019	1426	2037	3056
11	7/16	349	524	698	786	873	1222	1746	2619
13	1/2	306	458	611	688	764	1070	1528	2292
14	9/16	272	407	543	611	679	951	1358	2037
16	5/8	244	367	489	550	611	856	1222	1833
18	23/32	222	333	444	500	556	778	1111	1667
19	3/4	204	306	407	458	509	713	1019	1528
20	25/32	189	224	378	425	473	662	946	1419
22	7/8	175	262	349	393	437	611	873	1310
25	1	153	229	306	344	382	535	764	1146
28	1 1/8	136	204	272	306	340	475	679	1019
32	1 1/4	122	183	244	275	306	428	611	917
35	1 3/8	111	167	222	250	278	389	556	833
38	1 1/2	102	153	204	229	255	357	509	764
41	1 5/8	94	141	188	212	235	329	470	705
44	1 3/4	87	131	175	196	218	306	437	655
47	1 7/8	81	122	163	183	204	285	407	611
50	2	76	115	153	172	191	267	382	573
57	2 1/4	68	102	136	153	170	238	340	509
63	2 1/2	61	92	122	138	153	214	306	458
70	2 3/4	56	83	111	125	139	194	278	417
76	3	51	76	102	115	127	178	255	382

Recommended Feeds for Various Drill Diameters

Diameter of Drill		Feed per Revolution	
(mm)	(inch)	(mm)	(inch)
3	1/8	.02 - .10	.001 - .003
6	1/4	.05 - .15	.002 - .006
13	1/2	.10 - .25	.004 - .010
25	1	.20 - .40	.007 - .015
> 25	> 1	.40 - .65	.015 - .025

Note : The information on this page is intended as a general guide only. Figures will vary with grades of material used.

It is best to start with a moderate speed and feed, increasing either one, or both, after observing the cutting action and condition of the drill bit.

Emploi et Maintien des
FORETS HÉLICOÏDAUX



Ets TROUVAY & CAUVIN



CEDEX 7004

76080 LE HAVRE CEDEX

Téléphone : 22.81.21 - Télex 19435

Emploi et Maintien des Forets Hélicoïdaux

L'objet de la présente brochure (publiée par la Cleveland Twist Drill) est d'assister les utilisateurs afin d'employer et de maintenir correctement les forets. En raison de la complexité du sujet, cette brochure ne peut représenter un ouvrage complet mais servira plutôt comme une introduction aux théories régissant l'emploi des forets hélicoïdaux. La technique employée pour l'édition de la présente brochure a été extraite du "Metal Cutting Tool Handbook," publié par Metal Cutting Tool Institute, 405 Lexington Avenue, New York 17, New York.

Ets TROUVAY & CAUVIN



CEDEX 7004

76080 LE HAVRE CEDEX

Téléphone : 22.81.21 - Télex 19435

CLEVELAND TWIST DRILL NEDERLAND, N.V.

P.O. Box 493, Fregatweg 52, Beatrixhaven, Maastricht, The Netherlands



VITESSES ET AVANCES

VITESSES DE COUPE

La vitesse d'un foret est normalement exprimée suivant la vitesse de la périphérie de l'outil par rapport à la matière à usiner. Le terme usuel pour cette vitesse est " Mètre/Minute " (M.M.). Le rapport du M.M. au Tour par minute (T.P.M.) est indiqué par la formule suivante:

$$N = \frac{1000 V}{3,14 \times d}$$

N = T.P.M.

V = Mètre/Minute.

d = Diamètre du foret
en millimètres.

En général, lorsqu'un foret est utilisé dans le rayon d'emploi approprié à une matière spécifique, des augmentations de vitesse auraient pour résultat de diminuer le nombre de trous possibles avant qu'il ne soit nécessaire d'affûter le foret et des diminutions de vitesse auraient évidemment un effet contraire.

Ceci veut donc dire qu'il est nécessaire de choisir une vitesse appropriée pour chaque opération entreprise afin d'augmenter la production et de diminuer les frais engendrés par le remplacement des forets et de réduire la perte de temps qu'occasionne l'affûtage. La vitesse la plus efficace dépendra d'un nombre d'éléments dont certains sont repris ci-dessous:

1. Composition et degré de dureté de la matière.
2. Profondeur du trou.
3. Type de lubrifiant employé.
4. Type et état de la machine.
5. Degré de finition désiré.
6. Difficulté de préparation du travail.

Les vitesses reprises au tableau suivant sont les rayons approximatifs pour une opération efficace dans des conditions de travail normaux. Pour la plupart des opérations, il sera



nécessaire de régler ces vitesses afin d'obtenir une efficacité optimum.

Vitesses suggérées pour les forets en acier super rapide

	Vitesse
Acier allié (300 à 400 Brinell)	6-9
Acier inoxydable	9-12
Pièces forgées en acier pour véhicules automobiles ..	12-15
Acier pour outils (1,2C)	15-18
Acier ,4C à ,5C	21-24
Acier doux pour machines ,2 à ,3C	24-34
Fonte dure trempée	9-12
Fonte moyenne	21-31
Fonte douce	31-46
Fer malléable	24-27
Monel	12-15
Bronze à haute résistance	21-46
Laiton et bronze ordinaires	61-92
Aluminium et ses alliages	61-92
Magnésium et ses alliages	76-122
Ardoise, marbre et pierre	4-8
Bakélite et matières similaires	31-46
Bois	92-122

Pour la conversion des vitesses ci-dessus de "M.M." en T.P.M., quel que soit le diamètre du foret, voir les tableaux figurant aux pages 61, 62, 63, 64, 65.

AVANCES DE COUPE

L'avance d'un foret est réglée par la capacité de la perceuse ainsi que par la matière à percer. Etant donné que la production et la vie de l'outil dépendent en partie de l'avance, il y a lieu de choisir cette dernière avec soin et en fonction de chaque opération. Les avances données ci-dessous sont, en général, les plus efficaces.

Diamètre (en mm.)	Avance en mm. par tour
Jusqu'à 3	0,02-0,05
3-6	0,05-0,10
6-13	0,10-0,20
13-25	0,20-0,30
25 et plus grand	0,30-0,50



INDICATIONS CONCERNANT LES VITESSES ET LES AVANCES MAXIMA

Le fait qu'un foret se fend le long de l'âme indique une avance trop grande ou un écartement central de la goujure insuffisant, causé par un mauvais affûtage. Si les lèvres extérieures s'usent trop vite, ceci indique que la vitesse est trop grande. Le fait que la coupe d'un foret s'effrite ou se casse indique que l'avance est trop grande ou que le foret a été affûté avec un trop grand écartement à la goujure.

LUBRIFIANTS

Il est généralement admis que l'emploi de lubrifiants confère des avantages dans la plupart des opérations de forage du métal.

Les rôles des lubrifiants sont multiples et plusieurs d'entre eux sont traités dans les pages suivantes :

1. Lubrification

Il y a trois raisons pour lesquelles on lubrifie un outil de coupe, c'est-à-dire :

1°. Pour lubrifier les surfaces de contact entre l'outil et la matière à percer afin de réduire le frottement et, en conséquence, la génération de chaleur. Lorsque l'outil est placé sur la surface de la matière à percer, il patine avant de mordre. Si l'outil et la matière sont bien lubrifiés, le frottement, en ce point, est réduit d'une manière appréciable. Cette lubrification se maintient pendant toute la durée de la coupe.

2°. Pour lubrifier les copeaux et la surface extérieure de l'outil. Les copeaux, en se séparant de la matière ont tendance à se casser, à s'enrouler et à se glisser le long de la surface de l'outil. Lorsqu'ils s'enroulent, les copeaux se divisent en un grand nombre de petits morceaux qui glissent les uns sur les autres. L'emploi d'un lubrifiant réduit le frottement entre les copeaux et l'outil et réduit également le frottement entre les morceaux de copeaux.

3°. Pour empêcher les copeaux d'adhérer à l'outil. Sans lubrifiant, les copeaux ont tendance à chauffer au point



de fusion et colent à l'outil. Il en résulte que l'outil s'obstrue et se grippe rapidement.

2. Refroidissement

En ce qui concerne les opérations sur une échelle industrielle, le refroidissement de l'outil et de la matière est plus important que leur lubrification. Une si grande chaleur est transmise au point que la vie de l'outil dépend beaucoup de la possibilité de pouvoir dissiper cette chaleur à la même vitesse qu'elle s'est produite. C'est pour cette raison que le refroidissement prime sur la lubrification.

Si, au moyen de fluide de coupe, l'on peut dissiper la chaleur aussi vite qu'elle est transmise, il n'y aura pas d'échauffement et la seule action d'é moussage sera celle causée par l'abrasion.

Pour obtenir un refroidissement efficace, une quantité aussi grande que possible de réfrigérant devrait être dirigée vers les tranchants de l'outil. Dans le forage vertical de trous de profondeur moyenne, le réfrigérant est généralement dirigé de telle façon qu'il tombe sur le foret, près de la surface de la pièce à percer. Il coule ensuite le long de l'hélice de l'outil jusqu'aux tranchants. Pour le perçage de trous plus profonds, une avance intermittente est souvent employée et, lorsque l'outil est retiré pour permettre l'enlèvement des copeaux, il est refroidi par le fluide de coupe, lequel fluide remplit le trou et crée ainsi un réservoir de réfrigérant. Là, où l'on emploie des manchons pour le perçage vertical, le réfrigérant est généralement dirigé vers un point au-dessus des douilles d'où il coule vers le bas. Bien souvent la plaque à douilles est munie d'un rebord et sert de réservoir pour le réfrigérant qui coule à travers les douilles.

Dans les opérations de perçage horizontal, le fluide de coupe ne sera pas assisté par la pesanteur dans son passage vers le point de forage. Lors de telles opérations, le réfrigérant est normalement dirigé horizontalement le long de l'hélice du foret de façon à ce qu'une partie en soit forcée vers le joint du foret. Le fait de retirer le foret de temps à autre, nettoie le trou avec du fluide de coupe froid. Dans les opérations de perçage horizontal, surtout dans les épaisseurs minces, il est à conseiller de diriger une grande quantité de réfrigérant



sur l'extérieur de la matière à percer afin de dissiper la chaleur transmise.

Lorsqu'il est nécessaire de forer des trous de grande profondeur, il est à conseiller d'employer des forets avec canaux de graissage. Ces derniers sont conçus de telle façon que le fluide de coupe est forcé sous pression à travers les canaux et est éjecté près des tranchants. Si l'on veut simplement obtenir un effet de refroidissement, des pressions variant entre 1,7 et 3,5 atmosphère suffisent. L'emploi de telles pressions n'engendre que peu d'ennuis provenant des points des tuyaux conducteurs d'huile et, dans beaucoup de cas, il n'est pas nécessaire de couper l'alimentation en fluide lorsque le foret est enlevé du trou. Le fluide destiné à alimenter les forets à canaux de graissage **doit** être propre car un copeau, si minuscule soit il peut obstruer l'un des canaux d'huile.

3. Evacuation des copeaux

Lorsque la pression du fluide de coupe, utilisé dans les forets à canaux de graissage, est augmentée, le fluide aidera à refouler les copeaux à travers les hélices. Pour ce faire, il est normal d'employer des pressions de 35 atmosphères sans maintes installations, les pressions atteignent 50 et 70 atmosphères. Avec l'emploi de pressions si grandes, il est presque toujours nécessaire de munir le système d'une soupape automatique qui assure que l'alimentation en réfrigérant soit stoppée avant l'enlèvement du foret. Si l'alimentation n'est pas coupée, le réfrigérant est projeté dans le vide et se perd.

Afin d'assurer une opération efficace des forets à canaux de graissage, il est généralement nécessaire qu'ils forment des copeaux dont la forme facilite le refoulement des copeaux à travers les hélices du foret. Il est quasi certain que la forme idéale d'un copeau est conforme et composée d'une seule spirale. Il existe des matières qui forment de tels copeaux naturellement, mais, dans certains cas, il est nécessaire de créer de tels copeaux. Des variations dans l'avance, provoqueront souvent une modification de la forme du copeau.

Dans de nombreux cas, il est nécessaire d'affûter la pointe du foret pour qu'elle forme un "brise-copeaux." Il n'existe pas de règle bien déterminée concernant la forme précise



Types de Brise-Copeaux

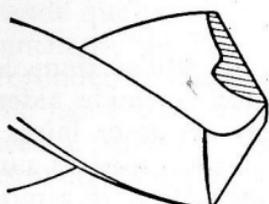
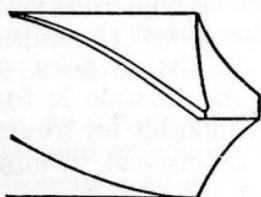
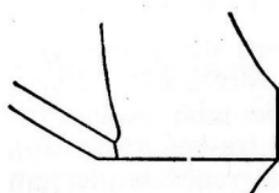


Fig. 1. Type plat

Sur tout
la longueur
du tranchant

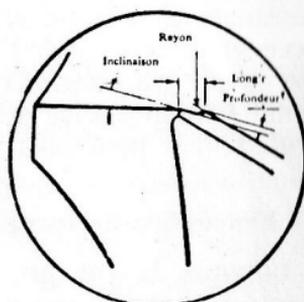
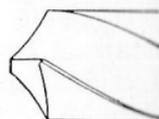
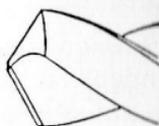


Fig. 2. Type coupé
en contre-dépouille au
rayon

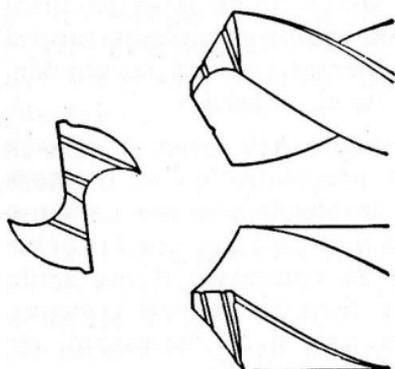


Fig. 3. Rainures dans la lèvre de coupe

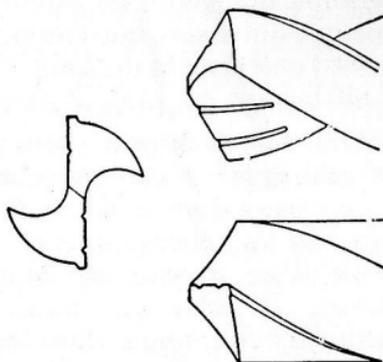


Fig. 4. Rainures dans l'âme

d'un "brise-copeaux." La forme la plus simple, illustrée dans la figure 1 consiste en une arête plate sur les tranchants; ce qui réduit l'angle d'inclinaison du foret. Il est très important



de veiller à ce que le brise-copeaux ne dépasse pas le diamètre de la saillie du foret, quel que soit le type de brise-copeaux utilisé.

En général, le brise-copeaux est de la forme illustrée par la figure 2. Les proportions des dimensions y indiquées peuvent varier considérablement et doivent être calculées en fonction de chaque genre de travail.

La fonction de cette catégorie de brise-copeaux est de faire boucler le copeau sur lui-même afin qu'il casse lorsque ses bouts se touchent. Il faut maintenir la profondeur du brise-copeaux à un minimum afin de l'empêcher de dépasser le diamètre de coupe et de l'empêcher de former une poche dans laquelle le copeau irait se caler. La conception correcte de cette catégorie de brise-copeaux demande beaucoup d'ingéniosité. Un brise-copeaux de conception correcte devrait former des copeaux qui peuvent être emportés à travers les hélices sans qu'ils se désagrègent ou se déforment d'une autre manière. Un essai que l'on peut faire pour éprouver la conception d'un brise-copeaux consiste à tendre la main près du travail; les copeaux doivent tomber dans la main dans un jet continu et non par paquets. Un brise-copeaux bien conçu ne devrait pas nécessiter une augmentation sensible de la force motrice requise pour les opérations de perçage. C'est pour ces raisons que les brise-copeaux sont souvent mis au point sur place, lors des opérations de perçage, où l'on peut observer leurs performances.

Il est parfois recommandable de faire casser les copeaux dans le sens de leur longueur, ce qui peut s'accomplir en utilisant les types illustrés aux figures 3 et 4. Les rainures doivent être espacées alternativement afin que les rainures pratiquées dans les gorges opposées ne soient pas équidistantes de l'axe du foret. Les rainures sont à pratiquer au moyen d'une meule dressée suivant un rayon afin d'éviter la localisation de tensions dans les coins aigus.

4. Finition des trous

Lorsque la finition des trous a de l'importance, il est bien souvent possible de choisir un fluide de coupe qui améliorera matériellement cette finition.



CHOIX DU FLUIDE DE COUPE

Compte tenu de ce qui précède, il est évident que l'on devrait choisir comme le fluide de coupe idéal, une huile ou composition qui joint des qualités excellentes de lubrification à des qualités similaires de refroidissement. Malheureusement, ceci n'est pas toujours possible en raison du fait que les meilleurs lubrifiants de coupe ne possèdent pas de bonnes qualités de refroidissement. D'un autre côté, l'on a constaté que l'eau constitue à peu près le meilleur réfrigérant disponible mais elle ne lubrifie pratiquement pas.

Il a été constaté que les huiles sulfurées allient de bonnes qualités de lubrification à de bonnes qualités de refroidissement et qu'elles sont à recommander pour le perçage de l'acier, surtout là où il importe de fournir une bonne finition.

Lorsque la finition est de moindre importance, les huiles solubles et les compositions similaires peuvent être utilisées. Ces préparations possèdent généralement des qualités de refroidissement excellentes. Il importe de vérifier que toutes les compositions solubles dans l'eau soient assez alcalines pour éviter à la pièce à travailler, de rouiller.

L'on devrait éviter l'emploi des huiles animales en raison de leur qualité bactériologique et de leur tendance à devenir rances.

Les huiles minérales non traitées conviennent pour des opérations moyennes mais ne peuvent égaler les huiles sulfurées.

Il vaut mieux s'adresser à un fabricant réputé de fluides de coupe pour l'étude de problèmes concernant de tels fluides. La liste suivante contient quelques suggestions:

Aluminium et ses alliages: Huile soluble; composée de pétrole et d'huile de saindoux; huile neutre légère à faible viscosité; mélanges de pétrole et d'huiles solubles.

Laiton: A sec, huile soluble; composés de pétrole et d'huile de saindoux; huile légère neutre à faible viscosité.



Cuivre:	Huile soluble; huile de sain-doux filtrée; emulsion d'acide oléique.
Fonte:	A sec ou à jet d'air comprimé comme réfrigérant.
Fonte malléable:	Huile soluble ou huile neutre à faible viscosité.
Monel:	Huile soluble ou huile minérale sulfurée.
Acier ordinaire:	Huile soluble, huile sulfurée, huile minérale. Résistant à des pressions extrêmes.
Acier extra-dur et acier réfractaire:	Huile soluble, huile sulfurée, térébenthine.
Acier inoxydable:	Huile soluble ou huile minérale sulfurée.
Fer forgé:	Huile soluble, huile sulfurée, compositions à base d'huile minérale et à haute teneur en huile animale.

Il importe d'éviter le refroidissement intermittent de l'acier trempé ce qui cause la formation de petites fentes; lesquelles abîment le foret.

Le facteur le plus important dans le maintien des fluides de coupe est celui de veiller à ce qu'ils soient toujours propres. S'ils deviennent contaminés et contiennent une grande quantité de particules métalliques en suspension, leur efficacité s'en trouvera diminuée. Il existe plusieurs méthodes commerciales pour le nettoyage de fluide de coupe parmi lesquelles l'utilisateur peut choisir celle qui convient le mieux à son genre de travail. Dans de nombreux cas il suffit de ne nettoyer que la cuve de clarification et la machine, à des intervalles réguliers.

LE " BROUTAGE " DANS LA COUPE DES MÉTAUX

Pour ceux qui ont l'expérience de la coupe des métaux, le broutage est un phénomène bien connu. L'on peut définir le broutage comme étant des vibrations synchronisées du



foret, la pièce à percer ou la machine ou de l'ensemble de ces éléments.

Ce broutage est généralement engendré par un manque de rigidité. Ce manque de rigidité permet aux éléments en cause de dévier sous les tensions de coupe jusqu'à ce que la matière à couper cède. Dès que la matière a cédé, les tensions diminuent et l'élément qui a dévié retourne brusquement à sa position originale, la résistance s'amorce immédiatement et provoque une autre déviation. C'est ce cycle, rapidement répété que l'on appelle "broutage."

Le broutage a pour effet de faire cogner les angles de coupe contre la pièce C.

Ce martèlement peut provoquer l'effritement des tranchants ou la rupture du corps du foret. De telles déviations peuvent, au bout d'un laps de temps prolongé, avoir comme résultat, la panne du foret ou de la machine.

Certains chercheurs ont tenté de prouver que la coupe des métaux nécessite moins de force motrice lorsqu'il y a du broutage. Tandis que l'on peut admettre que cela soit vrai en raison de l'action du broutage dont il est question ci-dessus, l'on ne peut pas dire que ce soit un argument en faveur du broutage. Les désavantages résultant d'une finition médiocre et de pannes de machines annulent le peu d'économie réalisée du côté force motrice.

L'élimination du broutage est donc un facteur majeur dans l'obtention des conditions idéales de coupe. La première chose à faire est d'en trouver la cause et puis d'y remédier en effectuant les réglages nécessaires.

Du jeu dans les parties tournantes de la machine en est une cause manifeste. Ce jeu peut-être dû à l'usure ou à un mauvais réglage. L'on peut y remédier en remplaçant les pièces usées qui ne peuvent pas être réglées et d'éliminer tout jeu là où il est possible de procéder à un réglage. Vient alors l'importance de la rigidité de la machine elle-même. La broche de la perceuse et les autres parties tournantes doivent être assez robustes pour résister aux tensions de coupe de sorte qu'elles ne dévieront pas. Des porte-pièces robustes et un soutien adéquat de la pièce sont également des moyens d'éliminer le broutage. L'élimination de tout porte-à faux inutile est aussi



un facteur important. Toutes les considérations précédentes doivent être tenues en compte lors de toutes opérations de coupe qui engendrent des tensions élevées.

Le facteur de troisième importance doit être considéré comme étant la conception des outils de coupe. Les conditions régissant la conception des outils varient tellement qu'il est souvent nécessaire d'étudier chaque opération individuellement afin d'obtenir les meilleurs résultats.

La cause de broutage dans les forets est généralement la déviation due à la torsion. Plus long est le foret par rapport à son diamètre, plus grand est le danger de déviation et de broutage. S'il n'est pas possible d'utiliser un foret plus court, le remède consiste à augmenter la section transversale là où il existe la plus grande résistance à la torsion. Cette augmentation doit naturellement être effectuée en laissant assez d'espace pour le dégagement des copeaux.

Quelle qu'en soit la cause, il résultera de l'élimination du broutage une vie considérablement plus longue des outils.

LA MÉCANIQUE DE LA FORMATION DES COPEAUX DANS LE PERÇAGE

Le succès de toute opération de perçage dépend, en plus de l'ajustement correct et des vitesses correctes, de la possibilité de produire des copeaux faciles à éjecter du trou. C'est pour cette raison que le lecteur devrait pouvoir se faire une idée précise de la mécanique de formation des copeaux. Si, une analyse exacte des conditions dans lesquelles une perceuse est appelée à fonctionner peut-être effectuée, il est généralement possible de prendre les dispositions nécessaires à la formation des copeaux.

Compte tenu du peu d'espace pour le dégagement des copeaux, il est toujours souhaitable que ceux-ci soient réduits en morceaux relativement petits. Quoique spectaculaire en apparence, l'enroulement des copeaux doit-être évité surtout si le trou est profond. Ces rouleaux se mettent dans les gorges du foret et empêchent le dégagement des copeaux formés par la suite, ce qui empêche le réfrigérant d'arriver jusqu'aux tranchants.



Le résultat est l'échauffement et l'émoussage prématurés du foret.

Les deux facteurs principaux qui régissent la formation des copeaux, sont les suivants :

1. La ductilité de la matière à percer.
2. L'épaisseur du copeau ou l'avance par tour.

Dans le perçage des matières ductiles, les copeaux ont tendance à se plier et à s'enrouler au fur et à mesure qu'ils se séparent de la matière. Les copeaux formés à partir des matières moins ductiles ont tendance à se casser en morceaux plutôt que de s'enrouler. C'est ce dernier état qu'il faut rechercher et de telles matières peuvent être percées avec les forets du type courant sans que l'on y apporte des modifications.

Dans le perçage des matières les plus ductiles, il est parfois nécessaire d'avoir recours à des moyens plutôt extraordinaires afin de s'assurer que les copeaux se cassent d'une manière propre à faciliter leur éjection.

Le moyen le plus commun est de diminuer l'inclinaison des lèvres de coupe. Au fur et à mesure que l'inclinaison est diminuée, les copeaux se plient à des angles plus prononcés. Ceci aura pour effet de briser les copeaux à moins que la matière ne soit extrêmement ductile. Le degré de la diminution des inclinaisons peut-être varié suivant la nature de la matière à percer.

L'affûtage d'un foret, afin d'en diminuer l'inclinaison, nécessite une certaine habileté. L'affûtage se fait le long de la face antérieure du tranchant, le foret étant incliné de façon à obtenir l'angle correct. Il suffit de ne meuler que très peu et il est très important de s'assurer que les deux lèvres soient meulées d'une façon symétrique. Les inclinaisons ne doivent pas être négatives ce qui réduirait considérablement l'efficacité et la vie du foret.

L'épaisseur des copeaux a également une influence sur leur tendance à s'enrouler. Plus minces ils seront, plus grande sera leur tendance à s'enrouler plutôt que de se briser.

L'obstruction des gorges du foret par des copeaux enroulés peut souvent être remédiée par l'augmentation de l'avance



par tour; c'est-à-dire en augmentant l'épaisseur des copeaux. Ceci n'est possible, naturellement, que dans les limites pratiques de la résistance matérielle du foret.

Etant donné que la précision usuelle tend à donner des vitesses élevées et des avances réduites, il est toujours à recommander d'examiner ce point lorsque des ennuis provoqués par l'enroulement des copeaux se produisent.

Le forage avec les machines automatiques est souvent limité à des vitesses élevées et des avances réduites en raison du fait que le foret doit fonctionner avec d'autres outils dont le rendement serait gravement diminué par l'emploi d'avances élevées et de vitesses réduites. Pour de telles opérations il est préférable, dans la plupart des cas, d'utiliser un foret avec moins d'inclinaison sur les lèvres de coupe. On emploie alors des forets à hélices allongées qui ont moins d'inclinaison et ne nécessitent pas l'affûtage des tranchants comme il est décrit ci-dessus. Le peu de perte en rendement est plus que compensé par une meilleure formation et de là, un meilleur dégagement des copeaux.

Dans certains cas, plutôt rares, il a été nécessaire de pratiquer des brise-copeaux dans les tranchants afin d'éviter l'enroulement des copeaux et l'obstruction du foret. Ces brise-copeaux prennent la forme d'encoches ou de rainures, pratiquées dans la face ou la partie inférieure de la lèvre de coupe (voir la page 8). Ce moyen n'est pas à recommander en vue de la main d'oeuvre additionnelle qu'il nécessite et en vue du degré d'habileté nécessaire à l'obtention de brise-copeaux qui remplissent exactement la fonction pour laquelle ils ont été conçus.

Compte tenu des conditions très variables dans lesquelles les perceuses doivent fonctionner, il est difficile de donner des règles bien déterminées. Chaque opération doit être étudiée du point de vue "formation des copeaux" et les mesures nécessaires sont à prendre en conséquence.

LE PERÇAGE AU GABARIT OU CANON

L'emploi du gabarit lors de forage de trous dans les pièces identiques fabriquées en chaîne est tellement répandu que le procédé ne nécessite aucune explication dans ces pages. La



location précise et rapide des trous et l'emploi de canons de perçage appropriés ont eu pour résultat de grandes économies au sein des industries de travail du métal.

L'objet de cette section est d'attirer l'attention de l'utilisateur sur les aspects de l'emploi des canons et de la conception des guides qui ont une influence directe sur l'obtention des meilleurs rendements des forets.

A. RIGIDITÉ

Il est toujours nécessaire de concevoir et de fabriquer les gabarits de perçage de telle façon que la pièce à percer soit maintenue bien fixe pendant l'opération.

Il est également nécessaire que la pièce soit soutenue pour qu'elle ne risque pas de plier sous la pression exercée par la perceuse. Ceci est souvent difficile à réaliser lorsqu'il s'agit de pièces minces et fragiles. Il ne faut pas cependant perdre de vue qu'une pièce pliée par la pression exercée par la perceuse aura pour résultat des trous trop larges et irrégulièrement alignés ce qui pourra provoquer le bris des forets. L'amincissement des gorges et un affûtage aideront à diminuer la pression nécessaire au perçage et à éliminer tout pliage de la pièce.

B. DEGAGEMENT POUR L'EVACUATION DES COPEAUX

Là où cela est possible, il faut prévoir assez d'espace entre la pièce et le canon pour que les copeaux puissent être éjectés à travers cet espace plutôt qu'à travers le canon lui-même. Ceci améliorera le rendement de la perceuse en éliminant l'obstruction des gorges et des canons par les copeaux et en permettant à une plus grande quantité de réfrigérant d'arriver aux tranchants.

Toutefois, il ne faut pas situer le canon tellement loin de la pièce pour que le foret puisse se plier dans l'espace entre le fond de la douille et la pièce. Si le foret se plie, le trou sera trop grand ce qui pourrait provoquer le bris du foret, surtout quand il doit pénétrer la pièce à un angle autre que droit. Lorsqu'il faut que le foret perce la pièce à un angle quelconque, il est conseillé de situer le canon très près de la pièce jusqu'à ce



que le foret ait complètement percé la pièce. Le canon devrait se placer pour qu'il puisse être enlevé pour permettre l'évacuation des copeaux, une fois que le foret est déjà à une certaine profondeur.

C. DIMENSIONS DES CANONS

En ce qui concerne la bonne performance du foret, les dimensions du canon sont d'une plus grande importance que sa conception. Il faut cependant s'assurer de ce que le canon résiste à l'usure et qu'il soit bien fixé au gabarit.

La longueur effective du canon doit être assez grande pour soutenir et guider le foret bien aligné car il permet à celui-ci de se plier en agissant comme pivot. Le résultat sera des trous trop grands et irrégulièrement alignés.

Par contre, si un guide est trop long, la longueur utile du foret se trouvera réduite ou, il sera nécessaire d'utiliser des forets de longueur spéciale ce qui entraînera une augmentation de frais. Lors de l'utilisation de forets à hélices de longueur moyenne, la longueur des canons devrait se situer entre $1\frac{3}{4}$ et $2\frac{1}{2}$ fois le diamètre du foret utilisé.

Le diamètre intérieur du canon ne devrait pas être beaucoup plus grand que celui du foret, mais en aucun cas, il ne doit empêcher le foret de tourner librement. Le jeu minimum souhaitable est de l'ordre de 0,015 et 0,025 mm.

Il est également très important que le jeu entre le foret et le canon ne soit pas trop grand, il en résulterait des saillies ébréchées.

D. CANAUX POUR FLUIDE DE COUPE

Les avantages de l'utilisation d'un réfrigérant approprié en quantité suffisante ont été soulignés dans un paragraphe précédent. Il a été stipulé qu'il est nécessaire d'éliminer la chaleur transmise pendant l'opération de coupe à la même vitesse qu'elle est produite. Pour ce faire, des canaux adéquats doivent être prévus dans le gabarit pour permettre au réfrigérant d'arriver à l'endroit approprié.

Bien souvent, le réfrigérant est tout simplement lancé sur la pièce et une grande partie en est gaspillée. La bonne méthode



est d'employer un jet de réfrigérant dirigé sur la pièce au point d'entrée du foret. Si la pièce est d'une section transversale assez réduite, une grande partie de la chaleur transmise monte à la surface et peut-être éliminée en inondant la pièce elle-même en plus du refroidissement de la mèche par les moyens usuels.

LE PERÇAGE DE TROUS DE PETITS DIAMÈTRES

Au cours des années d'expérience et d'observation, on a accumulé une grande connaissance quant aux meilleures méthodes à employer dans le perçage des métaux et d'autres matières. Les vitesses, avances, techniques d'affûtage, les réfrigérants et autres moyens ont été assez bien standardisés.

Toutefois, il a été constaté, lors du perçage de trous de très petit diamètres (de 0.1 à 0.3 mm. par exemple) les normes applicables au perçage de trous de diamètres plus grands ne sont pas toujours valables.

Il y a plusieurs explications à ce fait, à savoir :

1. Les petits forets sont très longs par rapport à leur diamètre (longueur = 40 à 60 fois le diamètre) et sont donc plus sujets à la déviation tant longitudinale que de torsion, lorsque la charge est en proportion de celle de forets d'un plus grand diamètre.

2. Les âmes de ces forets sont beaucoup plus épaisses que celles de forets plus grands car il n'est pas possible de fabriquer des petits forets avec des âmes proportionnellement plus minces. Cette conception augmente la pression qu'il faut exercer et diminue l'espace nécessaire au dégagement des copeaux.

3. Ces petits forets sont appelés à percer des trous relativement profonds ce qui revient à dire que le perçage de trous de petit diamètre tombe sous la classification "perçage de trous profonds."

Etant donné que les longueurs de ces petits forets doivent être maintenues pour des raisons utilitaires et qu'il n'est pas pratique de les fabriquer avec des âmes plus minces, il s'ensuit que les conditions de perçage doivent être modifiées de façon à assurer une vie utile et raisonnablement longue.



Ceci nécessite:

- a. Des avances et des vitesses appropriées.
- b. Le guidage du foret afin de réduire la déviation de celui-ci au minimum.
- c. Une évacuation fréquente et adéquate des copeaux.
- d. Un affûtage soigné, effectué assez fréquemment pour empêcher les tranchants de devenir trop émoussés.

LES AVANCES ET VITESSES

Les fautes les plus communes dans l'opération avec de très petits diamètres sont des vitesses trop grandes et des avances insuffisantes. Le calcul des avances doit être basé sur l'épaisseur des copeaux et non sur le nombre de centimètres par minute. Les vitesses sont à régler en conséquence. Exemple: Supposons qu'un foret doit être utilisé de 0.75 mm. pour percer de l'acier à une avance de 0,0125 mm. par révolution. Quoique la matière soit assez tendre pour permettre une vitesse de, disons 11.000 T.P.M., il est évident que le foret ne supportera pas la charge d'une avance de 0,0125 par révolution à une vitesse pareille, car la vitesse de pénétration serait de 140 mm. par minute.

Ce qu'il importe de faire dans un cas semblable est de diminuer la vitesse tout en maintenant l'avance par révolution usqu'à ce qu'une vitesse de pénétration convenable (c'est-à-dire une vitesse que le foret puisse supporter) soit obtenue.

Le perçage réussi de trous de petits diamètres dépend d'avances qui produisent réellement des **copeaux** et non de la **poudre**, ainsi que de vitesses conformes à la résistance et à la capacité de charge du foret.

GUIDE-FORETS

Il est toujours recommandé d'utiliser un guide lors du perçage de trous avec de petits forets. Le guide empêchera le foret de dévier lorsque le perçage est commencé et soutiendra l'âme du foret en l'empêchant de se plier sous la pression exercée depuis le haut. Un petit espace doit être prévu entre le guide et la pièce pour permettre l'évacuation des copeaux.



ÉVACUATION DES COPEAUX

En raison du peu d'espace disponible, dans les petits forêts, il importe de prendre des mesures spéciales pour assurer l'évacuation des copeaux, sinon, le forêt s'obstruera et se brisera. Le perçage étagé, tel qu'il est pratiqué dans le perçage de trous profonds plus grands, est à conseiller. Le meilleur moyen est de régler le forêt pour qu'il avance d'une distance précise et déterminée avant qu'il ne soit retiré afin de dégager les copeaux. Cette distance doit être un peu moindre que celle couverte par le forêt avant que les rainures s'obstruent de copeaux.

VITESSES ET AVANCES DANS LE PERÇAGE DE TROUS DE GRANDE PROFONDEUR

Bien souvent, l'élaboration d'un programme de travail ne tient pas compte de la profondeur des trous à percer et son influence sur les avances et les vitesses permises.

Un tableau d'avances et de vitesses qui conviennent à des conditions normales figure à la page 4. Si la profondeur du trou à percer est égale ou supérieure à quatre fois le diamètre du forêt, le travail est à considérer comme "perçage de trous profonds" et il faudra procéder à un réglage des avances et des vitesses afin d'obtenir un rendement maximum. Lors de la considération de la profondeur du trou, il faut tenir compte de l'effet des guides, car un guide situé très près de la pièce devient tout simplement une continuation de trou et le cas de trous d'une profondeur égale à 2 ou 3 fois leur diamètre, complique le problème de l'évacuation des copeaux.

Cela revient à dire que toute l'opération peut-être considérée comme un problème d'élimination de la chaleur transmise et d'en empêcher l'accumulation. Il est évident que si la chaleur est éliminée moins vite qu'elle n'est communiquée, le forêt se surchauffera et sera détruit.

Il est certain que la nature et la quantité d'un réfrigérant donné auront une influence sur la profondeur qui peut être percée sans risque de bris à des avances et des vitesses normales, la profondeur de trois diamètres mentionnés ci-dessus convient



très bien comme le point du commencement de la diminution. Ceci s'applique surtout à la vitesse.

Le tableau suivant servira de guide pour les diminutions qu'il convient d'effectuer au fur et à mesure que la profondeur augmente.

VITESSES

Profondeur de trou	Diminution de la vitesse en %
3 fois le diamètre du foret	10
4 fois le diamètre du foret	30
5 fois le diamètre du foret	30
6 à 8 fois le diamètre du foret.....	35 à 40

AVANCES

Profondeur de trou	Diminution de l'avance en %
3 à 4 fois le diamètre du foret.....	10
5 à 8 fois le diamètre du foret.....	20

Là où les conditions de refroidissement sont excellentes, l'on peut augmenter les pourcentages donnés ci-dessus; s'il n'y a que peu de refroidissement ou pas de refroidissement du tout, il sera peut-être nécessaire de diminuer encore plus que suggéré ci-dessus.

Il ne faut pas perdre de vue qu'une vitesse et une avance plus basses donneront, si elles sont maintenues d'une manière constante, une plus grande production que ne donneraient une grande vitesse et une grande avance accompagnées d'interruptions longues et fréquentes. Dans ce dernier cas, le coût des outils serait beaucoup plus élevé.

L'ÉVACUATION DES COPEAUX LORS DU PERÇAGE DE TROUS PROFONDS

La réussite du perçage de trous profonds de diamètre réduit dépend de l'évacuation des copeaux. Une bonne évacuation empêchera les copeaux d'obstruer les rainures (donc, empêchera le foret de gripper) et permettra au réfrigérant d'arriver à la pointe du foret.

Comme les diamètres des trous à percer deviennent de plus en plus réduits, il arrive qu'à un certain point, les espaces ou



les rainures, pour le dégagement des copeaux, deviennent trop petits pour permettre une bonne évacuation. Le seul remède est d'enlever le foret de temps à autre. Celui-ci emporte les copeaux et permet à l'opérateur de recommencer le perçage à nouveau. Si le foret est enlevé assez fréquemment, il n'y a pratiquement pas de limite de profondeur.

Les perceuses modernes effectuent cette opération automatiquement. Elles sont généralement conçues pour retirer le foret à chaque avance égale au diamètre du foret. Le rendement des forets pour le perçage de trous profonds de diamètre réduit a été grandement augmenté de cette façon, tant en ce qui concerne le nombre de trous percés par affûtage que le nombre d'affûtages par foret. Comme l'enlèvement et la réinsertion du foret se font automatiquement et très rapidement la perte de temps est quasi nulle.

Si les trous doivent avoir un diamètre de 18 mm. ou plus, il vaut mieux utiliser un foret à canaux de graissage, c'est-à-dire un foret comportant un passage à travers toute sa longueur permettant au réfrigérant d'arriver aux tranchants. Si, comme il en est souvent le cas les trous doivent avoir un diamètre de 8 à 10.0 mm., il n'est pas possible d'utiliser ce genre de foret. Pour ce dernier cas, il existe des forets de conception spéciale. Ces forets diffèrent des forets hélicoïdaux courants principalement par le fait que leur âme est beaucoup plus forte et leur angle de dégagement est quelque peu plus petit. Dans certains cas, l'épaisseur de l'âme atteint jusqu'à 40% du diamètre du foret.

Ce fait nécessite un affûtage spécial, pour que les copeaux soient convenablement brisés et pour qu'une pression d'avance anormale soit éliminée. La meilleure méthode d'affûtage est celle figurant à la figure 5 de la page suivant. Il convient de noter que le foret est d'abord affûté de la façon conventionnelle, après quoi les angles sont coupés au moyen d'une meule à arrêtes vives. Les méthodes de l'affûtage figurent à la page 43.

Du fait que la fabrication des forets de ce genre doit varier selon les conditions de travail et les matières à percer, il est recommandé de soumettre les problèmes relatifs au perçage de trous profonds à des experts en la matière.

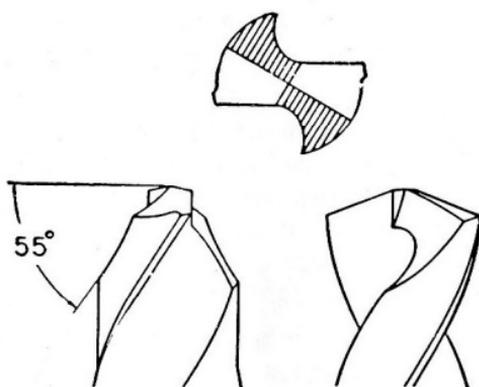


Fig. 5. Méthode d'affutage de forets hélicoïdaux pour le perçage de trous profonds.

LE PERÇAGE DE DIVERSES ESPECES DE MATIERES

LE PERÇAGE DES MATIERES DURES

Il est parfois nécessaire de percer des matières dures réfractaires telles que les aciers alliés traités thermiquement, les pièces moulées en acier dur, la fonte partiellement trempée et certains aciers inoxydables.

Quoiqu'il existe une limite pratique de dureté au-delà de laquelle il n'est pas possible de percer avec des forets en acier rapide, la méthode conseillée ici peut-être utilisée lorsqu'il s'avère nécessaire de percer des trous en cas d'imprévu dans des matières qui seraient autrement considérées comme non-usinables.

La méthode recommandée s'effectue comme suit :

1. La pièce doit être soutenue immédiatement au dessus du point de perçage et doit être solidement fixée en place.
2. En raison du fait que ce point de perçage nécessite une plus grande pression d'avance que celle employée normalement, le perçage doit être effectué au moyen d'une perceuse qui, autrement, serait trop grande.
3. Employer un foret court. L'âme ne doit pas être trop amincie. Toutefois, les âmes minces présentent un avantage



lorsqu'il s'agit du forage des aciers inoxydables qui se durcissent pendant l'opération. N'utiliser qu'un jeu aux lèvres moyennes (7% à 9% suffisent amplement).

4. Utiliser comme lubrifiant pour l'acier, de l'huile sulfurée ou du tétrachlorure de carbone mélangé d'huile sulfurée à raison d'un quart de tétrachlorure pour trois quarts d'huile. Le pétrole ou même du tétrachlorure de carbone pur est parfois efficace. La fonte doit être percée à sec ou avec très peu de tétrachlorure de carbone dans les cas exceptionnels.

5. Les vitesses ont beaucoup d'importance car les matières dures ne peuvent pas être forées à de grandes vitesses. Essayer des vitesses entre 7 et 10 mètres par minute, ou même plus basses.

6. Utiliser une avance moyenne ou grande. Il importe que le foret continue à couper de façon suivie une fois qu'il a démarré. Si le foret reste stationnaire et frotte la surface coupée, la matière se durcira à un tel point qu'il deviendra impossible de la travailler. Dans chaque cas il faut utiliser une force motrice mécanique de préférence.

LE PERÇAGE DE L'ACIER INOXYDABLE

Les aciers inoxydables sont en général plus difficiles à usiner que les aciers au carboné ou que la plupart des aciers alliés. Il existe certaines qualités d'aciers inoxydables qui sont relativement faciles à percer mais ceux des qualités 18-8 sont difficiles à cause de leur tendance à durcir pendant l'usinage. De ce fait, la première règle du travail des aciers inoxydables est de veiller à ce que le foret n'arrête pas de couper sinon, le foret tournera sans avancer et frotera l'acier à un tel point qu'il sera difficile, voir impossible, de recommencer l'opération de coupe. Pour la même raison, il faut des avances assez grandes pour que les arrêtes du foret puissent s'agripper en dessous de la surface légèrement durcie résultant des coupes précédentes.

Il s'ensuit qu'une production maximale peut être atteinte en déterminant d'abord l'avance appropriée par dent ou par tranchant et en augmentant ensuite la vitesse jusqu'à la vitesse maximale permise par la nature de la matière à usiner. En général, les avances peuvent être déterminées sur les mêmes bases que celles pour les autres qualités d'acier; toutefois, les



vitesse peuvent descendre jusqu'à la moitié au moins de celles normalement utilisées dans le perçage des aciers doux et des aciers faciles à usiner.

Pour obtenir les meilleurs résultats, les forets utilisés pour le forage des aciers inoxydables doivent être réaffûtés avec soin et précision. Un bon fini et des jeux moyens donneront des résultats satisfaisants.

Les forets hélicoïdaux doivent être réaffûtés avec un angle de coupe de 135° à 140° . L'angle de dépouille devrait se situer entre 6° et 8° . Lorsqu'il s'avère nécessaire de commencer le perçage à partir d'un marquage au pointeau, il importe d'utiliser un pointeau triangulaire, ce qui évitera, autant que possible, le durcissement.

Le choix du réfrigérant joue un rôle très important dans le travail des aciers inoxydables. En ce qui concerne les qualités d'aciers faciles à usiner, les types normaux de réfrigérants solubles donneront des résultats satisfaisants. Pour le perçage des qualités plus dures, il sera nécessaire d'utiliser des huiles minérales sulfurées ou des mélanges de ces huiles avec de l'huile de saindoux. Dans les cas exceptionnels il faudra utiliser de la térébenthine ou du tétrachlorure de carbone, soit seuls ou mélangé d'huiles sulfurées. L'emploi de ces dernières est à éviter si possible à moins que la ventilation des locaux soit efficace car la térébenthine est inflammable et les vapeurs du tétrachlorure de carbone sont toxiques. Ils ont tous deux une odeur désagréable. Dans certains cas, on a chauffé les pièces à percer avant de commencer le perçage mais cette méthode n'est pas pratique sauf en ce qui concerne quelques applications spéciales.

Les points principaux à retenir pour arriver à bien percer les aciers inoxydables sont les suivants: Les avances doivent être adéquates et uniformes; les vitesses ne doivent pas être trop élevées; les forets doivent être bien aiguisés; le réfrigérant utilisé doit convenir à la matière à forer.

PERÇAGE DES PLAQUES DE BLINDAGE

Le forage des plaques de blindage présente plusieurs problèmes assez difficiles en raison de la dureté extrême de cette matière. En général, on arrive à obtenir de bons



résultats en utilisant des forets en acier rapides du type courant. En raison des tendances du blindage à durcir pendant l'usinage et sous l'effet du feu, la technique de l'emploi de tels forets diffère beaucoup de celui employé pour le perçage des aciers ordinaires.

Si les plaques ont été découpées au chalumeau, les surfaces adjacentes à la coupure sont devenues tellement dures qu'il serait extrêmement difficile de les forer. Si possible, il faudra détremper ces surfaces avant de les forer. Si ceci n'est pas possible, la seule solution est de réduire la vitesse de coupe. Cette vitesse peut descendre jusqu'à 5 m.s.p.m. (mètres superficiels par minute).

Un autre conseil est de s'assurer de ce que le foret ne s'arrête pas de couper. Une alimentation en force motrice positive est donc à recommander pour toute opération sur plaques de blindage. Quel que soit le foret utilisé, il sera pratiquement impossible de recommencer à percer au même endroit après un arrêt du foret.

Cet effet de durcissement peut aussi se produire si une avance trop légère est utilisée. Une avance lourde moyenne et uniforme convient le mieux pour les forets de tous types.

Certaines plaques de blindage sont stratifiées c'est-à-dire qu'un côté est plus dur que l'autre. Ce genre de plaques doit être percé en commençant par le côté le plus dur, il est pratiquement impossible de percer en commençant par le côté le moins dur.

Le reaffûtage des forets joue un rôle important dans le perçage des plaques de blindage.

Les tranchants doivent être bien soutenus c'est-à-dire que le jeu doit être suffisant mais pas excessif (voir un des paragraphes suivants).

L'angle est important mais, ici encore, ne doit pas être excessif ce qui affaiblit les tranchants.

Les tranchants doivent être aussi lisses que possible et ne doivent présenter la moindre trace de marques provenant de la meule.

Ces marques font des crevasses invisibles dans les tranchants ce qui provoque l'usure prématurée des forets.



Les forets hélicoïdaux utilisés pour le perçage des plaques de blindage doivent avoir un angle de pointe de 135° à 140° , un angle de dépouille de 6° à 8° à la périphérie et un biseau de 115° à 125° .

Les vitesses de coupe varieront suivant la matière à percer et les conditions de travail. Les vitesses de forage utilisées normalement varient entre 12 et 16 mètres superficiels par minute lorsqu'il s'agit de trous peu profonds. Ces vitesses doivent être diminuées pour le forage de trous plus profonds de façon à prolonger la vie des forets.

Les avances devraient être de 15 à 25 % de moins que celles recommandées pour le forage des aciers ordinaires mais, une fois plus, il convient de noter que le vrai remède aux problèmes posés par le forage des plaques de blindage est de diminuer la vitesse plutôt que de diminuer l'avance.

Il importe d'utiliser dans tous les cas, une grande quantité de réfrigérant, lequel doit être dirigé de façon à couler sur le point de contact entre le foret et la partie à percer. Le meilleur réfrigérant pour ce genre de travail est l'huile minérale sulfurée et doit toujours être utilisée si possible. Sinon on peut employer des huiles solubles mélangées à d'autres substances dans la proportion de 8 parts d'huile soluble pour une part d'autres substances.

Comme c'est le cas avec d'autres matières dures et résistantes, la réussite du forage des plaques de blindage dépend à la fois de l'emploi de machines porte-pièces et porte-outils rigides. La déflexion de l'un de ces éléments fera glisser le foret et provoquera ainsi le durcissement du métal à forer.

LE PERÇAGE DES PLASTIQUES MOULES

L'utilisation des plastiques moulés croît sans cesse. La mise au point de matières plastiques de types divers possédant des caractéristiques différentes pose certains problèmes auxquels les fabricants d'outils de coupe doivent faire face.

Les plastiques moulés sont fabriqués à partir d'un nombre de matières de base et sont connus sous les noms de résines, de matières phénoliques, d'acétates de cellulose, de polystyrènes, de matières acryliques, etc.

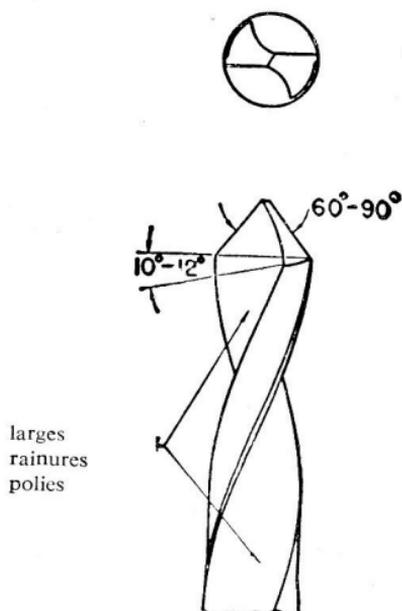


Fig. 6. Forets pour plastiques moulés

En général, ces matières sont faciles à forer à l'état pur; certaines d'entre-elles contiennent parfois des matières de charges abrasives ce qui change leurs caractéristiques d'usinage.

Le perçage des matières plastiques moulées peut présenter des difficultés si l'on ne tient pas compte de certains principes de base concernant la conception des forets et les conditions de travail. Le problème le plus important est celui de l'évacuation des copeaux. La conception du foret doit toujours s'effectuer en tenant compte du fait que les copeaux ont tendance à s'agglomérer dans les rainures de la mèche provoquant ainsi du frottement et, en conséquence un échauffement. L'échauffement peut détruire l'outil et la matière à travailler car la plupart des matières plastiques sont de composition à température basse.

Pour le perçage de trous de diamètre réduit, un foret spécial qui en principe, est le même que celui illustré à la figure 6 a été mis au point. Ce type de foret est généralement désigné par "foret pour matières plastiques." Comme



on peut le voir, il a des rainures larges et une hélice relativement allongée. L'angle de pointe est normalement de 60° à 90° au lieu des 118° conventionnels. Le jeu à la périphérie est normalement aux environs de 12° .

Pour le perçage de trous de diamètres plus grands, on emploie plutôt un foret avec un angle de pointe plus grand (90° à 120°). Sur ces forets plus grands, le talon derrière le tranchant peut-être meulé de façon à laisser subsister une saillie d'une longueur d'environ 1,6 mm., ce qui diminue encore plus le frottement contre le fond du trou et fournit plus d'espace pour l'évacuation des copeaux.

Si les forets ont tendance à tirer lorsqu'ils percent la matière, il est recommandé d'aplatir légèrement le bord d'attaque du tranchant, comme il est coutume de le faire lors du reaffûtage des forets employés pour le forage du laiton doux.

Pour le perçage des trous borgnes, il est souvent avantageux d'utiliser un foret à hélice plus ramassée car ce type de foret évacue les copeaux plus vite. Pour le forage des trous à percer, de part en part il est préférable d'utiliser un foret du type illustré ci-dessous.

L'âme du foret doit être amincie le plus possible afin de réduire le frottement et l'échauffement du centre de la pointe.

En raison de la grande variété de matières classées sous la désignation de "plastiques moulés" il n'est pas possible de donner des vitesses de coupe bien déterminées. La plupart de ces matières peuvent être forées à des vitesses allant de 30 à 100 mètres superficiels par minute, suivant la profondeur du trou et les caractéristiques de la matière qu'il s'agit de forer.

Si la matière à percer contient une quantité considérable de matière de charge abrasive, il faudra diminuer considérablement la vitesse. Les celluloses, les polystyrènes et les matières acryliques doivent être percés à des vitesses réduites en raison de leur tendance à chauffer et à devenir visqueuses. Les avances doivent être les mêmes que celles utilisées pour le forage des métaux ou bien plus élevées que ces dernières. Il est à conseiller d'employer des avances mécaniques en raison du taux d'avance continu et uniforme en résultant.



Les matières résineuses et phénoliques sont normalement forées sans l'emploi d'un réfrigérant liquide. Un jet d'air comprimé, dirigé sur l'endroit où le foret perce la matière aidera considérablement à refroidir et le foret et la matière même.

Pour le perçage des celluloses, des polystyrènes et les matières acryliques, le réfrigérant utilisé est l'eau ou, de préférence des solutions de savon. Lors du forage de trous peu profonds, il suffit tout simplement d'enduire le foret de savon.

De très grands trous dans des matières sous forme de feuilles sont généralement pratiquées à l'aide de trépan ou de cisailles circulaires.

LE PERÇAGE DES TOLES METALLIQUES

Le perçage des tôles métalliques et d'autres sections minces présente des problèmes spéciaux en raison des conditions de travail extraordinaires rencontrées lors de ce genre d'opérations.

Une grande difficulté rencontrée dans le forage de sections minces est le bris des forets, surtout lors du perçage de trous de diamètre réduit. Ceci est dû à plusieurs facteurs à savoir:

1° Ce genre de perçage est souvent effectué au moyen d'outils pneumatiques ou électriques maniés à la main. De ce fait, le foret n'est pas maintenu dans l'axe de forage et la pression d'avance n'est pas constante. De plus, le foret n'est pas soutenu lorsqu'il perce la matière et il se produit, à ce moment, un choc bien net.

2° Bien souvent la matière est déformée par la pression d'avance avant que le foret commence à percer, lorsqu'il commence à couper, il reçoit immédiatement tout le choc au lieu de le recevoir petit à petit comme c'est le cas au cours du perçage de sections plus épaisses.

3° La déformation mentionnée ci-dessus peut aussi provoquer le durcissement de la matière et, en conséquence, augmenter la charge à supporter par le foret.

Il n'est pas toujours pratique de remédier à ces problèmes en modifiant l'opération ou l'appareillage. La vraie solution consiste normalement en l'utilisation de forets bien appropriés au travail à effectuer.

En général, le foret ordinaire n'est pas assez robuste pour le forage en série de tôles métalliques. Il faudra le remplacer par un foret ayant des rainures beaucoup plus courtes et une âme beaucoup plus forte. Les forets sont d'habitude conçus de façon à percer des trous relativement profonds et possédant donc des rainures allongées. Pour le forage de tôles métalliques, les rainures doivent être très courtes et, comme l'évacuation des copeaux n'est pas aussi importante que dans les autres opérations de perçage, la section transversale peut-être épaisse. L'âme à la pointe du foret, doit être d'épaisseur standard ou d'une épaisseur moindre afin de réduire la poussée.

En cas d'urgence, lorsqu'un foret à rainures courtes n'est pas disponible, un foret standard peut-être utilisé en enlevant environ un tiers de sa longueur et en le réaffûtant ce qui le rendra assez robuste pour éliminer les bris excessifs.

FORETS À CENTRER COMBINÉS

Lorsqu'il s'agit d'usiner des pièces métalliques entre des pointes comme c'est le cas pour le travail au tour ou à la machine à rectifier, il est toujours nécessaire de forer les trous de centrage et de les fraiser pour qu'ils puissent servir comme siège pour les pointes de la machine.

Il existe deux types de "foret à centrer combiné" à savoir: le "type standard" et le type "à cloche."

Le type standard donnera des trous comme il est indiqué à la fig. 7. C'est le type le plus employé car il convient pour la plupart des opérations d'usinage.

Si les pièces à usiner doivent passer plusieurs stades d'usinage et les bords des trous de centrage risquent donc



de subir des dégâts, il est conseillé d'utiliser le type "à cloche" comme indiqué à la fig. 8. Ici, les bords extérieurs sont biseautés afin de protéger le trou de centrage proprement dit.

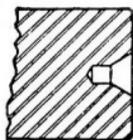


Fig. 7



Fig. 8

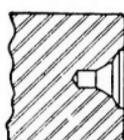


Fig. 9



Types différents de trous de centrage

Là, où il s'agit de protéger au maximum les trous de centrage, ces trous doivent être plus profonds (voir Fig. 9). Ce dernier type est à utiliser pour toutes pièces dont les trous de centrage doivent servir plusieurs fois de suite; telles que broches, arbres, etc. Lors du forage de ce dernier type de trou de centrage, il est très important de ne forer qu'à la profondeur nécessaire pour fournir la protection désirée. Si la mèche pénètre trop loin, la pointe de la machine risque de se poser sur le bord extérieur plat ainsi formé plutôt que sur le bord biseauté à 60° .

AFFÛTAGE

La pointe du foret peut-être réaffûtée de manière normale. toutefois le reffûtage des parties biseautées est plus difficile. La rectification des surfaces et des parties biseautées est très difficile à effectuer avec précision et risque également d'élargir les rainures et d'affaiblir le foret. Le seul moyen de reffûter ces parties biseautées est de meuler les surfaces extérieures de façon à reproduire la forme originale.

PERÇAGE DES TROUS DE CENTRAGE

L'importance de cette opération est souvent perdue de vue. Toutefois la qualité et la précision de toutes les opérations à suivre dépendent beaucoup des trous de centrage car ces derniers déterminent la rigidité des supports pendant le travail.

LES AVANCES ET LES VITESSES

Les vitesses superficielles de ces outils doivent être basées sur le plus grand diamètre qui peut entrer en contact avec la



pièce à usiner, c'est-à-dire le diamètre de l'âme et non pas celui de la pointe du foret. Ce fait est parfois perdu de vue avec des résultats très néfastes. Les avances par tour doivent, par contre, être basées sur le diamètre de la pointe du foret et devraient correspondre à celles qui figurent au tableau d'avances.

Un pointage correct dépend des trois points suivants:

- 1° La position du trou de centrage doit être exacte.
- 2° La surface porte-pointe doit être suffisante.
- 3° La surface porte-pointe doit être biseautée à l'angle exact, et doit être bien circulaire et bien lisse.

La position du trou de centrage dépend nécessairement de la précision et de la rigidité des porte-pièces ainsi que de la machine à pointer elle-même. Il est donc très important de veiller à ce que la fixation et la machine soient toujours maintenus en parfait état.

La meilleure méthode pour centrer des pièces cylindriques dont les surfaces extérieures sont raisonnablement rondes et lisses est de les faire tourner en maintenant le foret à centrer fixe; cette méthode n'est toutefois plus d'usage général. Les pièces autres que rondes ou lisses doivent naturellement être maintenues fixes tandis que le foret à centrer tourne.

La largeur des surfaces porte-pointes doit être raisonnablement proportionnée aux dimensions et poids de la pièce à tourner mais elle doit aussi tenir compte des pressions exercées par les outils au cours de l'usinage. Ces opérations de travail lourd au tour nécessitent donc de plus grands trous de centrage que ceux de moulage et de travail fin au tour.

En utilisant des forets du type "à cloche," la largeur de la surface porte-pointes est maintenue automatiquement.

Pour la plupart des opérations de centrage, le foret du type standard est utilisé et il importe ici de veiller à ce que la largeur de la surface porte-pointes soit exacte.



Afin de maintenir un travail uniforme, on équipera toujours la pièce et la broche d'un arrêt, ce qui facilitera les opérations suivantes dépendant largement de la qualité des trous de centrage, ces derniers sont à pratiquer avec les plus grands soins.

Cette qualité dépend avant tout de l'emploi de forets à centrer ayant une surface porte-pointes biseautée correctement; elle dépend également des tranchants qui doivent être bien aiguisés. Il importe de changer le foret avant qu'il ne devienne trop émoussé. L'avance est également d'une grande importance et doit être réglée de façon à produire des surfaces porte-pointes bien lisses et sans déformations.

Des soins apportés à ces divers points résulteront un travail meilleur et plus précis, une diminution des déchets et autres économies.

FORETS ALÉSEURS À TROIS ET À QUATRE LÈVRES

Les forets aléseurs à trois et à quatre lèvres sont utilisés pour élargir les trous déjà percés, les trous venus de fonderie et les trous poinçonnés.

Du fait qu'ils sont utilisés dans des trous de fonderie, ils sont souvent désignés sous le nom de "forets à téton" ils sont ainsi fabriqués que leur centre ne coupe pas. La quantité de matière qu'ils enlèvent est limitée par **a** profondeur des rainures.

Les forets à téton sont utilisés au lieu des forets normaux à deux rainures et pour deux raisons:

1° Pour augmenter la productivité.

La matière à percer et sa dureté déterminent et limitent la vitesse superficielle et l'avance par tranchant. Or, il est évident qu'en utilisant des forets à trois ou quatre coupes au lieu

de deux, l'avance par tour sera plus grande et un plus grand nombre de trous peuvent être forés dans un temps déterminé. L'augmentation de la production est plus ou moins proportionnelle au nombre de coupes quoiqu'elle puisse être limitée dans certains cas par la résistance et la rigidité du montage ainsi que par la qualité de finition désirée. En raison de leur âme beaucoup plus épaisse, les forets à téton résisteront à la tension additionnelle imposée par l'emploi d'un plus grand nombre de tranchants.

2° Pour obtenir une meilleure finition.

Du fait qu'ils possèdent trois ou quatre coupes, les forets à téton possèdent également le même nombre de saillies qui s'étendent le long de leur diamètre. Ce nombre multiple de saillies soutiendra le foret pendant l'opération de perçage beaucoup mieux que deux coupes seulement. Le foret a donc moins tendance à vaciller, à rayer les parois du trou et à percer un plus grand diamètre. L'action des forets à téton est d'un effet identique à celle des alésoirs taillés. Dans certains cas, il est plus pratique d'utiliser des forets à téton au lieu d'alésoirs à ébaucher. Pour fournir un meilleur rendement, les forets à téton doivent être réaffûtés correctement. Il est très important que tous les tranchants aient exactement la même longueur et qu'ils aient le même angle de pointe. Quoique ce soit bien évident, ce détail est souvent perdu de vue. Des longueurs différentes il résultera une fatigue disproportionnelle des tranchants les plus longs qui s'émousseront très vite et donneront au foret une tendance à chasser d'un côté, donnant ainsi des trous trop grands. En plus, les saillies risquent de s'user aux pointes et le foret grincera et restera grippé. Avant d'utiliser les forets, il est recommandé de vérifier les longueurs des tranchants au moyen d'un indicateur à cadran ou d'un dispositif analogue.

Ce type d'outil est bien souvent utilisé comme un alésoir à ébaucher pour rectifier le diamètre d'un trou déjà percé. Lorsqu'il est employé pour cette opération, la machine et le port-pièce doivent être bien rigides. Le support de pièce devra



comporter des canons bien ajustés. Lorsque le foret est ainsi utilisé, il est conseillé de lui donner un angle de pointe bien plat, comme illustré ci-après :

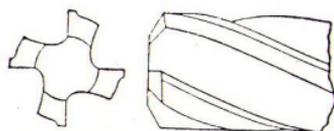


Fig. 10. Pointe normale d'un foret à 3 ou 4 guides

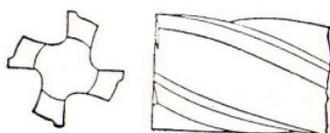


Fig. 11. Pointe à utiliser pour le realesage de trous déjà percés

Cet angle de pointe très plat (souvent de 180°) réduit la tendance du foret à suivre le trou déjà percé. Il est très important de ne pas chanfreiner les coins de la pointe et que le foret soit bien affûté. Dès que les coins commencent à s'user, le foret aura tendance à suivre le trace du trou déjà percé.

Dans la plupart des applications, il y a lieu de choisir entre un foret à trois rainures et un foret à quatre rainures. Un foret à trois rainures donne une meilleure évacuation des copeaux mais la plupart des utilisateurs trouvent que celui à quatre rainures est un peu plus facile à reaffûter et à contrôler.

Les forets à téton sont parfois munis d'une pointe amovible, ces pointes sont attachées au moyen d'un dispositif mécanique tel qu'une goupille conique et un arret et peuvent être enlevées lorsqu'elles sont usées.

Comme la partie porte-pointe n'a pas d'inclinaison, la large surface disponible la rend particulièrement apte aux opérations utilisant des canons.



LES FORETS À CENTRER ET MARQUER



Fig. 12. Foret à centrer

Ces forets très courts ont été conçus pour les opérations de centrage où leur rigidité extrême réduit la déviation et l'excentricité. Pour ces mêmes raisons, ils sont également utilisés comme foret d'amorçage dans les opérations de taraudage.

LES FORETS À CENTRER



Fig. 13. Type standard



Fig. 14. Type dit "à cloche"

Les forets à centrer épaulés sont utilisés pour le centrage des extrémités des pièces destinées à recevoir les pointes de machines (tours etc.). L'angle de la partie "Fraise" est de 60° (standard) et s'adapte donc à toutes les pointes standard.

Pour le travail de précision, certains utilisateurs préfèrent le type dit "à cloche" en raison du fait que le petit chanfrein additionnel de 120° protège les bords du trou de centrage et réduit le risque de manque de précision dû à des trous de centrage endommagés.

Certaines suggestions concernant l'emploi des forets à centrer épaulés figurent aux pages 31, 32, 33 et 34.



FORETS ÉTAGÉS

Il est souvent possible de percer un trou de deux diamètres où plus, au moyen d'un seul foret de construction approprié.

Ces forets sont beaucoup utilisés pour la production en série ou ils aident à effectuer des économies appréciables.

Il existe une certaine confusion quant aux types et aux désignations des forets étagés. Les pages suivantes donnent les types divers de ces forets ainsi que leurs applications les plus courantes.

La forme la plus simple de foret étagé, le foret à centrer, est décrite plus haut. Ses utilisations sont bien connues et ne nécessitent pas d'explications supplémentaires.

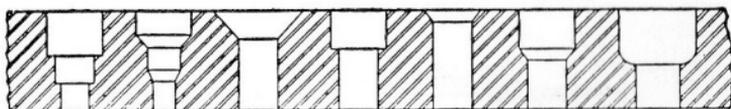


Fig. 15. Exemples des opérations uniques effectuées au moyen de forets étagés

Tous les types de trous illustrés à la figure 15 ainsi que beaucoup d'autres, peuvent être pratiqués en une seule opération au moyen de forets étagés.

Les types d'outils utilisés pour ces opérations sont les suivants.

LES FORETS ÉPAULÉS

Un foret épaulé peut avoir deux diamètres ou plus, ces diamètres différents sont obtenus en meulant des gradins divers successifs sur les coupes. Ces diamètres sont normalement séparés les uns des autres par des arêtes angulaires. Le foret épaulé vient très à point pour la plupart des travaux nécessitant le perçage de trous à diamètres multiples. Son usage est très répandu du fait que l'on peut convertir un foret ordinaire en le meulant et en y pratiquant des épaulements. Cette conversion nécessite également l'amincissement de l'âme.



Fig. 16. Foret épaulés à deux diamètres



Fig. 17. Foret épaulés à trois diamètres

Les forets épaulés sont également disponibles à trois ou quatre guides. La figure 18 montre un foret à trois diamètres et à quatre rainures. Le diamètre le plus petit est le pilote non-coupant.



Fig. 18. Foret à trois diamètres et à quatre rainures

Lors du reffûtage des forets épaulés, les épaulements tranchants doivent être affûtés en plus de la pointe et ce, afin de maintenir la longueur exacte de chaque diamètre. Le réaffûtage des épaulements résulte presque toujours du taillage du diamètre suivant. Le résultat normal du reffûtage maintes fois répétés est montré à la fig. 19.



Fig. 19. Aspect d'un foret épaulés après des réaffûtages continuels

Lorsque le foret atteint un pareil état, il n'est plus possible de le réaffûter; le seul moyen de le mettre en état est de le rectifier à un diamètre inférieur.

LES FORETS ÉTAGÉS À GUIDES SÉPARÉS

Avec le foret étagé à lèvres séparées, cette difficulté n'existe pas. Ce type de foret (Fig. 20) effectue les mêmes opérations que le foret épaulé décrit ci-dessus quoique étant de construction différente. Tandis que le gradin, ou diamètre du dernier se trouve sur la même lèvre, le foret étagé à coupes séparées possède deux lèvres bien distinctes le long de toute la longueur des rainures (voir l'illustration). L'avantage de ce genre de foret est que les deux diamètres peuvent être maintenus constants pendant toute la vie utile du foret car le réaffûtage des tranchants du grand diamètre n'affecte pas ceux



du petit diamètre. Le coût de la fabrication de ce genre de mèche est plus élevé que celui de foret épaulés mais la facilité et l'économie des reffûtages compensent largement celui-ci.



Fig. 20. Foret étagé à guides séparés

Tout comme les forets étagés, les forets étagés à saillies séparées peuvent avoir plus que deux diamètres et plus que deux rainures. La figure 21 donne une illustration d'un foret étagé à lèvres séparées à deux rainures et à trois diamètres, tandis que la figure 22 montre un foret étagé à lèvres séparées à deux diamètres et à quatre rainures.



Fig. 21. Foret étagé à lèvres séparées à quatre rainures



Fig. 22. Foret étagé à lèvres séparées à deux rainures et à deux diamètres

A cause de leur conception, ces forets ne sont pas si robustes que les forets épaulés conventionnels et il faut tenir compte de ce fait lors d'un choix entre les deux. En général, le foret étagé à lèvres séparées n'est pas à utiliser lorsque le grand diamètre est plus de deux fois plus grand que le diamètre petit. Un autre point dont il faut tenir compte est la longueur des petits diamètres. Si la longueur d'un petit diamètre est importante, il y a peu d'avantage à utiliser un foret à lèvres séparées car le type courant de foret étagé donnera un nombre suffisant d'heures de travail avant que le petit diamètre soit usé. Au fur et à mesure que la longueur du petit diamètre devient plus courte, l'avantage du foret à lèvres séparées se révèle. L'outil faisant l'objet de la figure 23 coûterait très cher en reffûtages s'il était du type à gradins car chaque réaffûtage détruirait les diamètres plus

petits. L'opération de réaffûtage est considérablement simplifiée lorsque l'outil est du type à lèvres séparées.



Fig. 23. Condition dans laquelle le type à gradins n'est pas recommandé

L'ÉCONOMIE DANS L'UTILISATION DES FORETS

Le facteur économique dans l'utilisation des forets est celui auquel tout utilisateur, grand ou petit, doit faire face. La solution de ce problème réside en une connaissance de tous les facteurs qui résultent d'une telle économie. Certains de ces facteurs figurent dans les paragraphes suivants; d'autres sont repris en détail dans d'autres pages de cette rubrique foret.

1. APPLICATION APPROPRIÉE DU FORET

Plusieurs types de forets sont disponibles. Les caractéristiques de chaque type ont été étudiées afin que le foret donne un bon rendement dans le genre de travail pour lequel il a été conçu. Quoique n'importe quel foret puisse être utilisé pour le perçage occasionnel de trous dans presque n'importe quelle matière, il importe toutefois de choisir le foret approprié au travail projeté lorsqu'il s'agit d'une série pour fabrication. Des descriptions et des applications logiques des types de forets les plus courants figurent dans les pages précédentes de la présente brochure.

2. LA PERCEUSE

La perceuse doit être rigide et être assez robuste pour résister aux tensions créées par l'opération de coupe. Le porte-à-faux de la broche doit être réduit au minimum. Les paliers de la broche doivent être en bon état afin de prévenir la déviation du foret et du jeu à la pointe du foret. Le jeu inutile du dispositif d'avance doit être réduit au minimum afin de diminuer la tension imposée du foret lorsqu'il perce complètement. Les gabarits et guides des appareils diviseurs doivent être bien bridés sans aucun jeu.



3. MONTAGE DU FORET

L'intérieur du cône dans la broche ne doit pas présenter des bavures ou des égratignures qui pourraient provoquer la déviation du foret. Le manchon et la queue du foret ainsi que toutes les surfaces frottantes doivent être sans bavures et doivent être bien nettoyées avant d'insérer le foret. Les forets sont insérés dans le porte-outil sans coup de marteau sur la pointe du foret ce qui provoque l'effritage des tranchants. Pour enlever les forets de manchons coniques, utilisez un chasse-cône et non la soie d'une lime ce qui aurait pour effet d'abîmer la queue du foret.

4. CONDITION DE LA MATIÈRE À PERCER

Bien souvent, les tranchants d'un foret sont abîmés inutilement et la vie du foret réduite par la mauvaise condition de la surface de la matière à forer. Ce fait n'est pas toujours pris en considération lorsque dans un atelier, l'on constate un émoussage prématuré des forets.

Une mauvaise surface peut-être le résultat de plusieurs facteurs :

Les pièces coulées peuvent contenir des poches de sable dans leurs surfaces ou peuvent même présenter du sable ou d'autres matières étrangères incrustées dans leur surface.

Des parties trempées peuvent se présenter sur les surfaces des pièces coulées; ces parties trempées sont tout aussi destructives que des matières étrangères.

Les surfaces des pièces forgées peuvent présenter des écailles dures d'oxyde adhérentes ou incrustées.

Des superficies très dures peuvent se former sur les surfaces de certaines matières.

Les surfaces des barres peuvent présenter les mêmes défauts que ceux des pièces forgées.

Toutes les conditions décrites ci-dessus ont une seule chose en commun, elles provoquent l'usure des tranchants.

Le remède est de s'assurer de ce que les surfaces à travailler soient bien conditionnées avant de commencer le travail, c'est-à-dire, par le nettoyage au jet de sable, le désablage au tonneau,

le décapage, l'écurage, la normalisation ou le trempage, ou une combinaison de ces opérations. En ce qui concerne le maniement des outils, il ne faut jamais perdre de vue que la vie du foret sera considérablement prolongée s'il coupe toujours en-dessous de la surface de la pièce à percer. Si le foret frotte sur la surface, les tranchants s'émouseront très vite, même si la condition de la surface est bonne.

5. REVISION

Les forets tout comme les autres outils de coupe ne doivent pas s'émouser au point de ne plus couper.

Les forets trop émoussés donneront les résultats suivants:

Une capacité de production diminuée.

Une mauvaise finition.

Une perte de précision, donc un plus grand nombre de rebuts.

Une réduction disproportionnée de la vie des forets, soit à cause du bris des forets, soit à cause de la nécessité d'enlever une trop grande partie à la meule lors du réaffûtage.

Une augmentation du coût unitaire.

L'élimination, à la source, des causes de l'émoissage prématuré et trop avancé épargnera beaucoup de main d'oeuvre et d'outils.

L'émoissage trop avancé peut-être évité en examinant le foret périodiquement pendant son fonctionnement et en veillant sur les premiers signes de fatigue. Le réaffûtage des forets au bout d'une période déterminée ou au bout d'un nombre déterminé de pièces, quelle que soit la condition apparente des forets, est recommandé. Ce système se révélera le plus économique à la longue.

L'émoissage prématuré est dû à plusieurs facteurs, à savoir:

Des vitesses trop élevées pour la dureté des matières à forer ou inversement, des matières trop dures pour les vitesses choisies.

Des avances trop grandes qui surchargent les tranchants ou des avances trop légères de sorte que les tranchants grattent la matière au lieu de la couper.



Mauvaise surface de la pièce à percer.

Supports insuffisants, d'où le broutage et la déviation du foret.

Affûtages non-appropriés de la matière à percer.

Mauvais affûtage des tranchants.

6. ENTRETIEN DES FORETS

Des dégâts peuvent provenir du manque de soin apporté au maniement des forets. Les grands forets, de par leur poids, sont particulièrement vulnérables. Il importe donc de manier les outils avec attention et de prévoir des précautions qui réduiront ces risques. L'utilisation de plateaux divisés en compartiments ou de blocs de bois munis de trous destinés à recevoir les forets contribuera au prolongement de la vie utile des outils.

AFFÛTAGE DES FORETS

De tous les facteurs qui affectent l'économie générale, l'affûtage des forets est l'un des plus importants et l'un des plus sous-estimés. Afin d'établir un programme efficace pour traiter ce problème, il importe de bien comprendre les facteurs qui entrent en jeu. Il existe trois stades bien distincts dans l'affûtage des forets émoussés ou usés :

1. ENLÈVEMENT DE LA PARTIE USÉE

Dès qu'un nouveau foret est mis en service, il commence à s'user, cette usure est de types différents, dont chacun a une influence sur la longévité du foret et commence normalement aux coins du foret (voir la fig. 24, A).

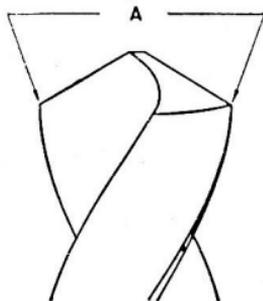


Fig. 24

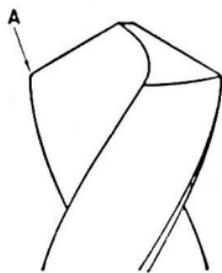


Fig. 25
Usure des pointes

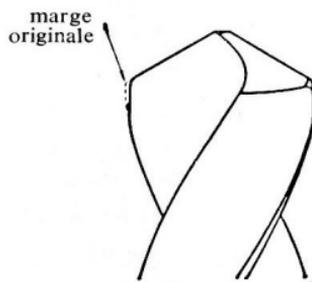


Fig. 26

Le premier signe d'usure est un arrondissement des coins (fig. 25). En même temps les lèvres de coupe et l'arête de la pointe commencent à s'user et à former une surface conique de petite largeur près des lèvres. Cette surface conique ne présente aucune dépouille et a tendance à frotter sans trou plutôt que de couper. La puissance et la charge nécessaires pour forcer ces lèvres émoussées à percer à travers la matière à forer augmentent et amènent beaucoup plus de chaleur aux lèvres, ce qui augmente considérablement l'usure.

Cette augmentation d'usure aux coins se communique aux tranchants et il en résulte en une diminution du diamètre et une conicité négative du foret (fig. 26). L'usure peut facilement être mesurée au moyen d'un micromètre. **Le premier stade de l'affûtage efficace d'un foret est l'enlèvement de cette partie usée.** Si cette partie n'est pas enlevée, le foret ne coupera plus convenablement et chacun des réaffûtages suivants ne donnera qu'une vie très réduite du moins jusqu'à ce que la partie usée soit enlevée. L'usure d'un foret, tout comme celle de tout outil de coupe, n'est pas proportionnelle aux trous ou aux pièces effectuées ou produites entre chaque réaffûtage. L'utilisateur doit tenir compte de ce fait de base s'il veut arriver à une économie raisonnable. L'usure s'accélère et plus grande est la chaleur plus le foret s'use vite. En d'autres termes, il y aura plus d'usure au vingtième trou qu'au dixième et encore plus au trentième et ainsi de suite jusqu'à ce que le dernier trou soit foré quand l'usure sera à son maximum.

Comme exemple: Dans certaines conditions, un foret de 25 mm. peut forer cent trous avant de s'émousser au point de ne plus couper. A ce moment, le diamètre des tranchants sera diminué jusqu'à un point situé à 25 mm. de la pointe et il sera nécessaire de raccourcir le foret de 25 mm. avant de pouvoir le réaffûter. Si le même foret avait été enlevé de la perceuse après le 75^{ème} trou, cette usure n'aurait peut-être été que de 8 mm. et il serait nécessaire de raccourcir le foret de cette valeur. Dans le deuxième cas, l'usager aurait pu percer 225 trous par chaque 25 mm. de foret au lieu de 100 obtenus en utilisant le foret jusqu'à ce qu'il soit complètement émoussé. Cet exemple ne représente pas un extrême et démontre l'avantage d'un programme prévoyant l'enlèvement des forets



des perceuse avant qu'ils ne soient complètement moussés. De toute façon, quel que soit le degré d'usure des tranchants près de la pointe, il faut raccourcir le foret afin d'enlever cette partie usée.

2. AMINCISSEMENT DE L'ÂME

Dans le plupart des forets modernes, l'épaisseur de l'âme augmente vers la queue du foret (voir les fig. 27 et 28).

Après le raccourcissement du foret, effectué afin d'enlever la partie usée, le foret aurait l'aspect illustré de la fig. 29. L'arête de la pointe d'un foret ne coupe pas mais sert uniquement à écarter le métal. L'arête relativement longue du foret raccourci, démontré à la fig. 30 nécessitera beaucoup plus de puissance et donnera plus de chaleur d'ou une durée courte. Pour réaffûter ce foret comme il faut, il sera d'abord nécessaire d'amincir l'âme afin de ramener l'arête à sa longueur normale. On désigne cette opération par "aminçissement de l'âme." **Le deuxième principe du réaffûtage efficace est de reproduire les âmes des forets raccourcis à leur épaisseur original.**

L'épaisseur d'âme idéale pour les forets de toutes grandeurs peut varier légèrement suivant le genre du travail à effectuer mais en l'absence de conditions anormales, les épaisseurs approximatives ci-dessous qui sont exprimées en pourcentages des diamètres de forets, donneront de bons résultats.

Diamètre de foret (en mm.)	Épaisseur d'âme exprimée en pourcentage du diamètre de foret
3.0	20
6.0	17
12.0	14
25.0	12
Plus de 25.0	11

L'aminçissement des âmes peut s'effectuer au moyen d'une meule spéciale, une machine à affûter les outils de type conventionnel ou à la main. Il existe, sur le marché, un grand nombre de types différents de machines à meuler les âmes et de machines à affûter les outils. Le meulage mécanique est préférable au meulage à la main en raison de sa plus grande

précision. L'absence d'une telle machine ne doit toutefois jamais être considéré comme une raison de négliger ce stade très important de l'affûtage des forets. L'opération d'aminçissement n'est pas difficile à apprendre et peut-être effectué par tout affûteur compétent.

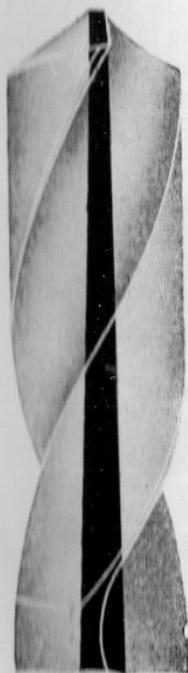


Fig. 27. L'âme est la colonne de métal qui sépare les rainures.

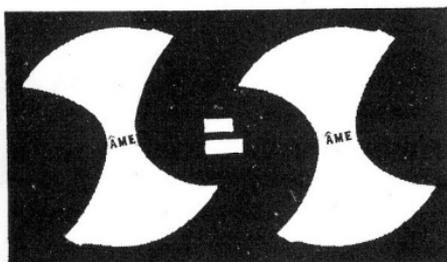
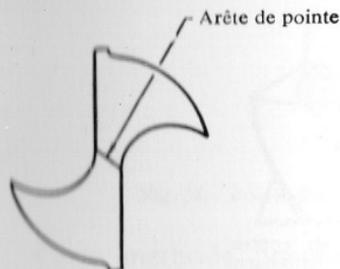
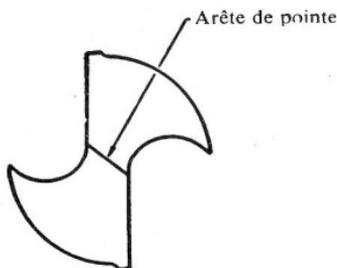


Fig. 28. La section à gauche d'un foret a été coupée près de la pointe tandis que celle de droite a été coupée près de la queue. La longueur des deux lignes blanches montre la différence entre les deux épaisseurs.



Pointe d'un foret à l'état neuf



Pointe d'un foret après raccourcissement et réaffûtage

Fig. 29



Il existe plusieurs méthodes pour amincir l'âme. La méthode la plus utilisée est illustrée à la fig. 30. La longueur "A" est normalement de $\frac{1}{2}$ à $\frac{3}{4}$ de la longueur de la lèvre de coupe. Avec cette méthode de même qu'avec d'autres méthodes, l'entaille doit s'étendre assez loin dans la rainure pour éviter la formation d'un coin vif à l'extrémité de la pointe. La longueur de l'entaille dépendra naturellement de la diminution d'épaisseur requise mais une longueur moyenne de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ du diamètre est normalement suffisante pour s'assurer de ce que l'amincissement ne soit pas trop vif. La fig. 31 illustre les

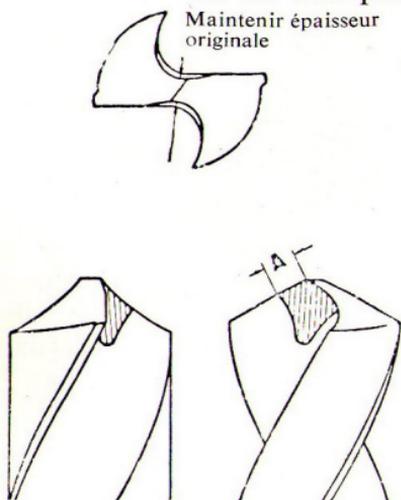


Fig. 30. Méthode normale pour amincir la pointe d'un foret lorsque l'âme est devenue trop épaisse par suite de réaffûtages répétés.

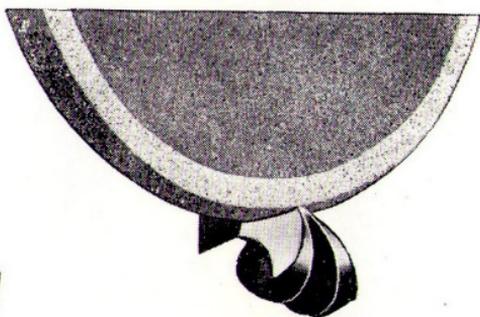


Fig. 31. Positions de la meule et du foret pendant l'opération d'amincissement

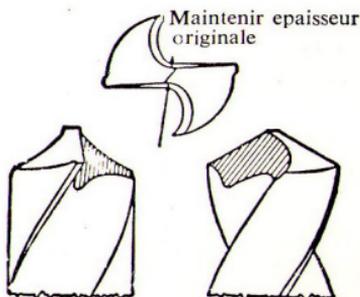


Fig. 32. Pointe coupée en contre-dépouille une autre méthode couramment employée pour amincir l'âme. Lorsqu'elle est effectuée avec soin, cette méthode donnera un fin copeau spirale



positions de la meule et du foret pendant l'opération d'amincissement. Il est parfois nécessaire de prolonger l'entaille jusqu'à l'extrémité de l'arête afin de modifier la forme du copeau. Dans cette méthode (fig. 32) une inclinaison positive est maintenue sur toute la longueur du tranchant.

Une troisième méthode utilisée très souvent est celle illustrée à la fig. 33, appelée la méthode "à encoches."

L'angle de pointe peut-être ajusté suivant le travail à effectuer; on emploie généralement un angle de 135° . Lors du meulage des surfaces originales, on donne généralement un angle de 90° à 100° à l'arête de pointe (fig. 34.).

Les deux encoches sont alors pratiquées pour qu'elles se rencontrent au centre, formant ainsi un nouvel angle d'arête de pointe d'environ 120° .

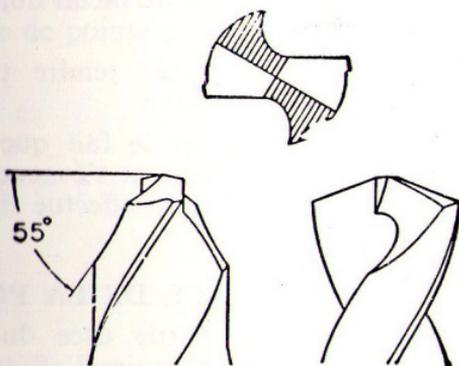


Fig. 33. Pointe à encoches

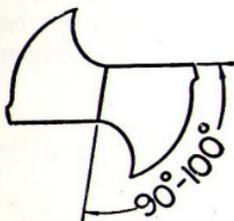


Fig. 34. Pointe d'un foret à encoches avant l'encochement

Cette méthode possède plusieurs caractéristiques importantes. A la fig. 33, l'angle de l'entaille est de 55° . Cet angle peut-être varié mais s'il est réduit jusqu'à moins de 55° , il en



résultera une encoche peu profonde qui ne pourra recevoir les copeaux formés par les courtes arêtes de pointe.

Il est très important de veiller à ce que l'entaille efface complètement toutes les traces de l'arête de pointe original, sinon il en résultera une arête de pointe peu tranchante avec une inclinaison négative excessive et un pouvoir de coupe très réduit.

Il est important de s'assurer de ce que les deux entailles se recontrent exactement; si elles se dépassent, le centre du foret est effacé et il en résultera un affaiblissement qui provoquera le bris de la pointe.

Généralités

Quelle que soit la méthode utilisée, que ce soit mécanique ou à la main, l'opération d'amincissement doit se faire uniformément et la même quantité de métal doit être enlevée à chaque tranchant.

La meule utilisée doit être assez tendre pour pouvoir enlever le métal sans brûler la matière.

Il ne faut jamais perdre de vue le fait que les copeaux doivent se former sur les tranchants et s'évacuer le long des rainures et l'amincissement doit être effectué de façon à ne pas nuire à cette évacuation.

3. AFFÛTAGE DE LA SURFACE DE LA POINTE

En plus de l'enlèvement la partie usée du foret et de l'amincissement de l'âme, il est nécessaire d'affûter les surfaces de la pointe. Ces deux surfaces coniques doivent entrecouper les faces des rainures de façon à former les lèvres de coupe. Elles doivent également s'entrecouper de façon à former l'arête de pointe (fig. 35).

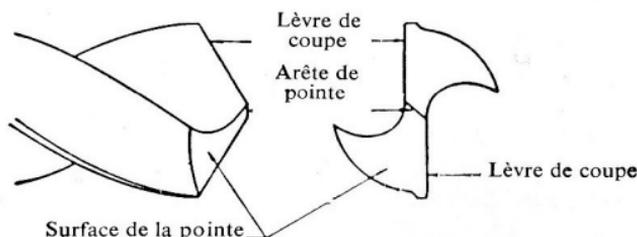


Fig. 35. Nomenclature de la pointe d'un foret

Comme c'est le cas avec tout autre outil de coupe, les surfaces derrière les lèvres de coupe ne doivent pas talonner contre la pièce à travailler mais doivent être dégagées de façon à permettre au tranchant de pénétrer la pièce. Sans un tel dégagement, le foret serait comme celui illustré à la fig. 36. Un pareil foret ne pourrait pas pénétrer le métal mais tournerait sans couper.

On appelle ce dégagement, la dépouille des lèvres (voir les fig. 37 et 38). Comme il est démontré, l'angle de cette dépouille se mesure à la circonférence du foret et peut varier suivant le travail à effectuer. L'angle utilisé normalement pour le perçage des matières dures est de 6° à 9° . Pour le perçage des aciers doux et des fontes, cet angle est augmenté jusqu'à 8° à 12° et, dans le cas des matières très douces, jusqu'à 15° et même d'avantage. L'angle de dépouille de la lèvre augmente vers le centre de la foret de façon à obtenir l'angle d'arête de pointe correct (fig. 39).



LÈVRE DE COUPE SURFACE DE LA POINTE

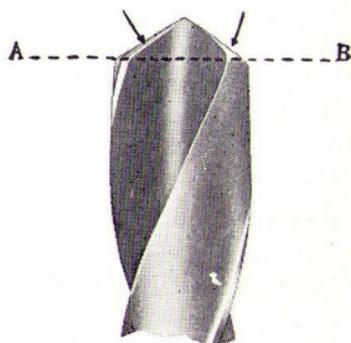


Fig. 36. Pointe d'un foret sans aucune dépouille de lèvres. Notez que les coins de la lèvre de coupe A et du talon B sont dans le même plan

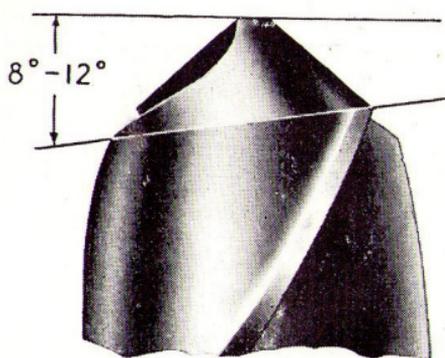


Fig. 37. Méthode correcte à utiliser pour l'obtention de la dépouille de lèvre. l'angle indiqué est celui de la circonférence du foret

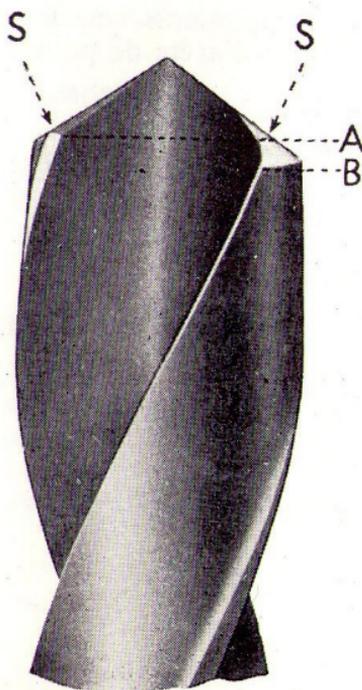


Fig. 38. Angle de dépouille correct. Notez que le talon B est plus bas que la lèvre de coupe A. La distance entre A et B, constitue la grandeur de la dépouille

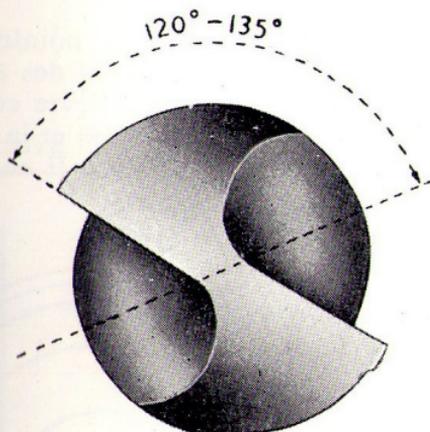


Fig. 39. Arête de pointe

Il y a un rapport entre l'angle d'arête de pointe et celui de dépouille de lèvre, ce rapport devrait être d'environ 120° en ce qui concerne les dépouilles de lèbres de 6° à 9° et d'environ 135° en ce qui concerne celles de 12° à 15° .

Précision des lèbres de coupe

Les deux lèbres de coupe d'un foret doivent être meulées avec précision. Quel que soit l'angle de pointe, les angles des deux lèbres de coupe A1 et A2 (fig. 40) doivent être les mêmes. De même les longueurs des deux lèbres L1 et L2 doivent être égales. Il existe un grand nombre de calibres pour mesurer ces angles et longueurs.

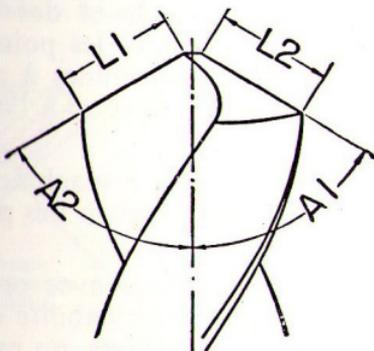


Fig. 40. Les angles et les longueurs des lèbres de pointe doivent être les mêmes



La fig. 41 illustre un foret dont la pointe possède des lèvres de longueur égale mais qui forment des angles inégaux avec l'axe de l'outil. Dans ce cas, une lèvre coupe plus que l'autre, et le trou sera plus grand, le foret et la broche seront soumis à des tensions élevées et inutiles. Il en résultera une usure excessive et une durée plus courte.

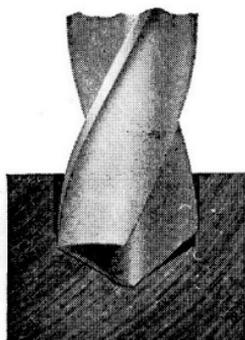


Fig. 41. Pointe incorrecte. Les lèvres ont la même longueur mais des angles inégaux

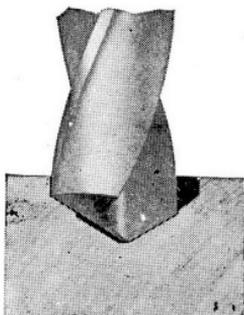


Fig. 42. Pointe incorrecte. Les lèvres sont de longueur inégale mais les angles sont égaux



Fig. 43. Pointe incorrecte. Les lèvres sont de longueur inégale et les angles inégaux

Les mêmes désavantages se produiront si les angles sont égaux et les lèvres sont de longueur inégale (Fig. 42). Une combinaison de longueurs inégales et d'angles inégaux est illustrée à la fig. 43.

Afin d'assurer la précision des angles de pointe des longueurs de lèvres, des angles de dépouille et des angles d'arête de pointe, il est recommandé d'affûter les pointes à la machine. Il existe un grand nombre de machines à affûter les pointes dont l'utilisation contribuera beaucoup à l'affûtage précis des pointes.

Le fait de ne pas disposer d'une machine à affûter ne doit toutefois pas servir d'excuse pour avoir des pointes en mauvais état.

Les forets peuvent être réaffûtés avec précision à la main bien que l'opération demande de l'habileté et de l'expérience. Pour le réaffûtage de très petits forets, un microscope binoculaire, réglé sur le point de contact entre la meule et le foret

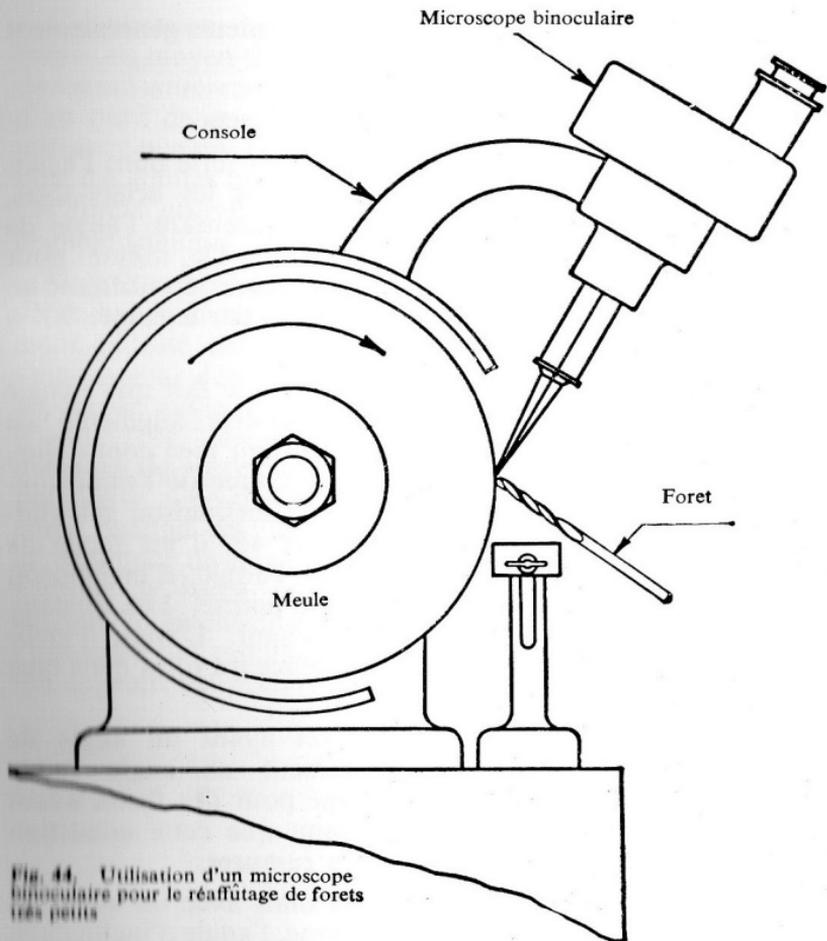


Fig. 44. Utilisation d'un microscope binoculaire pour le réaffûtage de forets très petits

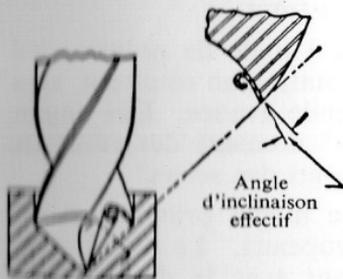


Fig. 45

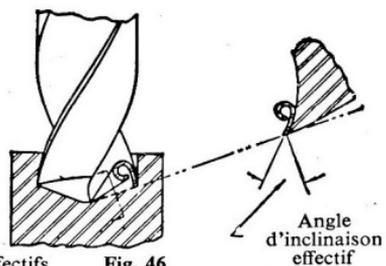


Fig. 46

Angles d'inclinaison effectifs



sera d'une grande assistance. Les grossissements généralement utilisés sont de 7 à 10.

Types divers de pointes de forets

Il a été constaté que pour les travaux en série dans l'acier, surtout le perçage de trous profonds dans les aciers durs, l'on obtient de meilleurs résultats en augmentant l'angle de pointe normal de 118° à 135° ou 140° . De même pour le perçage de la fonte et des matières similaires en utilisant un foret avec un angle de pointe plus faible, par exemple 90° à 100° .

La première constatation s'explique par le fait que l'angle d'inclinaison effectif au tranchant peut-être augmenté en augmentant l'angle de pointe car c'est un fait bien connu que, lors du forage de l'acier, le pouvoir de coupe de l'outil augmente au fur et à mesure que l'angle d'inclinaison est augmenté. En comparant les figures 45 et 46, il est facile de constater que cette modification de l'angle d'inclinaison s'effectue lorsque l'on modifie l'angle de pointe. Les copeaux s'évacuent sur la partie droite du tranchant. L'angle d'inclinaison effectif n'est donc pas l'angle d'hélice du foret mais bien l'angle du plan au droit du tranchant.

La figure 45 démontre qu'un foret ayant un angle de pointe relativement faible a également un angle faible d'inclinaison effectif; ceci n'est vrai que pour des forets ayant des rainures normales car il est connu que cette condition peut-être influencée par la forme des rainures.

La figure 46 illustre le même foret mais avec un angle de pointe plus fort avec l'axe du foret. Donc, l'angle d'inclinaison effectif approche de l'angle d'hélice du foret.

Une trop grande augmentation de l'angle de pointe n'est toutefois pas à conseiller car l'augmentation en résultant, sera anormale et nécessitera une trop grande avance. Des angles de pointe de l'ordre de 135° à 140° donnent des résultats satisfaisants lors du perçage de la plupart des aciers.

Il est évident que, en utilisant ce même principe, il est possible de modifier la nature des copeaux. Le degré et la nature de cette modification varieront avec la dureté et la texture de la matière à forer.

L'explication du deuxième cas, c'est-à-dire le perçage des fontes au moyen de forets ayant un faible angle de pointe, est de nature entièrement différente. Il a été constaté que l'efficacité d'un outil de coupe utilisé pour le forage de la fonte n'est influencé que très peu par la modification de l'angle d'inclinaison hors des limites normales. Il est aussi certain que l'érouissage des forets utilisés pour le perçage de la fonte se manifeste presque toujours par une usure aux coins des tranchants.

Si, par suite du reffûtage, un foret possède un fort angle de pointe (comme à la figure 47), la zone d'usure est relativement réduite comme au " M " de la figure 47. Le foret s'érouissera donc anormalement. En donnant au foret un faible angle de pointe, comme à la figure 48, la zone d'usure " N " est considérablement augmentée ainsi que la durée de vie entre chaque réaffutage. Afin d'augmenter encore plus cette zone d'usure et, en conséquence, la durée de vie entre chaque reffûtage, il est conseillé, dans certains cas, de pratiquer un angle secondaire aux coins du foret (fig. 49). Comme la fonte produit normalement de petits copeaux malgré l'augmentation de l'angle d'inclinaison aux tranchants, l'influence des modifications à l'angle de pointe sur la nature des copeaux est pratiquement négligeable.



POINTES DE FORETS RECOMMANDÉES POUR LE FORAGE DE MATIÈRES DIVERSES

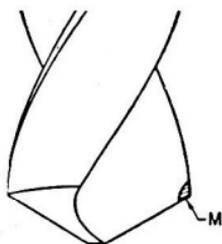


Fig. 47

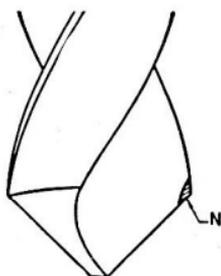


Fig. 48

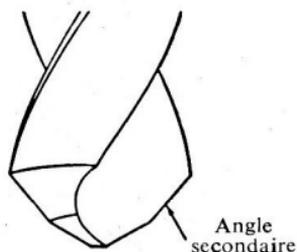


Fig. 49

Pointes pour le perçage de la fonte

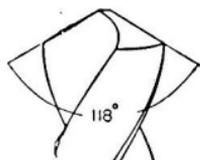
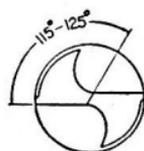
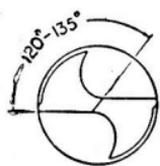


Fig. 50. Pointe courante tous usages

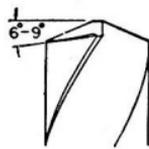
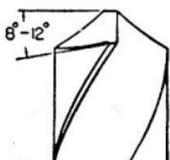


Fig. 51. Pointe plate pour matières dures et fortes (Rails en acier au manganèse, etc.)

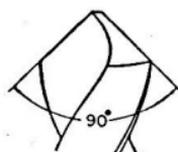
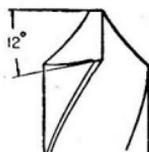
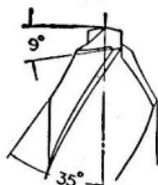
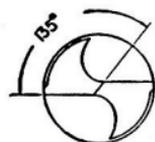
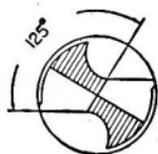


Fig. 53. Pointe à encoche pour le forage de trous profonds (noter l'âme épaisse)

Fig. 53. Pointe longue, pour le forage de bois, bakélite, caoutchouc dur et fibres



Les Pannes et Leur Causes

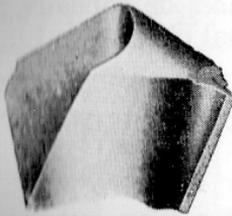


Fig. 54. Une indication d'une vitesse trop grande. Les coins extérieurs se sont usés rapidement parce qu'une vitesse excessive a fait recuire le métal.

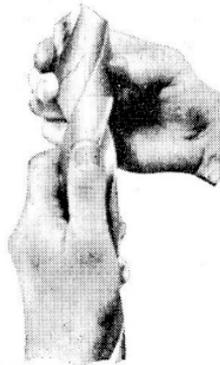


Fig. 55. Le résultat d'une dépeuille de lèvre insuffisante il n'existe plus de tranchants et la pression d'avance ne suffit pas à faire pénétrer le foret qui se fend par le centre.

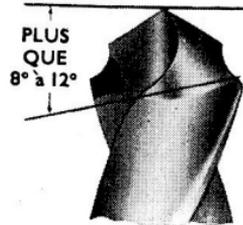


Fig. 56. Le résultat d'une dépeuille de lèvre trop forte-les arêtes des lèvres de coupe sont cassées par suite d'un manque de soutien.

Indices

Les coins extérieurs cassent

Les arêtes s'effritent

Les arêtes se fendillent

Les tranchants s'effritent

Le foret se brise

Causes

Une vitesse de coupe trop élevée.
Parties dures dans la matière.
Manque de refroidissement à la pointe.
Rainures trop obstruées de copeaux.

Trop d'avance.
Dépeuille de lèvre trop forte.

Surchauffement ou refroidissement trop rapide.

Manchon de gabarit trop grand.

Pointe mal affûtée.
Avance trop élevée.
Flexion ou déviation de la perceuse, montage ou pièce à forer.
Mèche émoussée.
Rainures obstruées de copeaux.



Indices	Causes
La queue se brise	Mauvais contact entre queue conique et la douille (crasse, copeaux, bavures ou douille usée.)
Le foret se brise pendant le forage du laiton ou du bois	Rainures obstruées de copeaux. Type de foret mal choisi.
Le foret se fend par le centre	Dépouille de lèvre insuffisante. Trop d'avance.
Le foret ne pénètre pas	Pointe émoussée. Dépouille de lèvre insuffisante. Ame trop épaisse.
Trou mal fini	Pointe mal affûtée ou émoussée. Manque de fluide de coupe à la pointe. Fluide de coupe mal choisi. Montage pas assez rigide.
Trou trop grand	Angle ou longueur des arêtes inégaux. Trop de jeu à la broche.
La forme des copeaux se modifie pendant le perçage	Le foret s'émousse ou les arêtes s'effritent.
Un grand copeau sort d'une rainure	Pointe mal affûtée, une seule lèvre coupe.

TABLE DES VITESSES DE COUPE

(Forets, Diamètres en Pouces)

Holes Inches	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
Diamètre Pouces	Tours/min.												
1/16	1833	2445	3056	3667	4278	4889	5500	6111	6722	7334	7945	8556	9167
1/8	917	1222	1528	1833	2139	2445	2750	3056	3361	3667	3973	4278	4584
3/16	611	815	1019	1222	1426	1630	1833	2037	2241	2445	2648	2852	3056
1/4	450	611	764	917	1070	1222	1375	1528	1681	1833	1986	2139	2292
5/16	367	489	611	733	856	978	1100	1222	1345	1467	1589	1711	1833
3/8	306	407	509	611	713	815	917	1019	1120	1222	1324	1426	1528
7/16	262	349	437	524	611	698	786	873	960	1048	1135	1222	1310
1/2	229	306	382	458	535	611	688	764	840	917	993	1070	1146
5/8	183	244	306	367	428	489	550	611	672	733	794	856	917
3/4	163	203	255	306	357	407	458	509	560	611	662	713	764
7/8	131	175	218	262	306	349	393	436	480	524	568	611	655
1	118	153	191	229	267	306	344	382	420	458	497	535	573
1 1/16	102	136	170	204	238	272	306	340	373	407	441	475	509
1 1/8	92	122	153	183	214	244	275	306	336	367	397	428	458
1 1/4	83	111	139	167	194	222	250	278	306	333	361	389	417
1 3/8	76	102	127	153	178	204	229	255	280	306	331	357	382
1 1/2	70	94	117	141	165	188	212	235	259	282	306	329	353
1 5/8	66	87	109	131	153	175	196	218	240	262	284	306	327
1 3/4	61	81	102	122	143	163	183	204	224	244	265	285	306
1 7/8	57	76	95	115	134	153	172	191	210	229	248	267	287
2	51	68	85	102	119	136	153	170	187	204	221	238	255
2 1/8	46	61	76	92	107	122	137	153	168	183	199	214	229
2 1/4	42	56	69	83	97	111	125	139	153	167	181	194	208
2 3/8	38	51	64	76	89	102	115	127	140	153	166	178	191

TABLE DES VITESSES DE COUPE

(Forets, Diamètres Jauge Numérique)

Mètres Minute	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
Nr.	Tours/min.												
1	503	670	838	1005	1173	1340	1508	1675	1843	2010	2179	2346	2513
2	518	691	864	1037	1210	1382	1555	1728	1901	2074	2247	2420	2593
3	538	717	897	1076	1255	1434	1614	1793	1974	2152	2331	2511	2690
4	548	731	914	1097	1280	1462	1645	1828	2010	2193	2376	2560	2741
5	558	744	930	1115	1301	1487	1673	1859	2045	2230	2416	2602	2788
6	562	749	936	1123	1310	1498	1685	1872	2060	2247	2434	2621	2809
7	570	760	950	1140	1330	1520	1710	1900	2090	2281	2470	2660	2850
8	576	768	960	1151	1343	1535	1727	1919	2111	2303	2495	2687	2879
9	585	780	975	1169	1364	1559	1754	1949	2144	2339	2534	2728	2923
10	592	790	987	1184	1382	1579	1777	1974	2171	2369	2566	2764	2961
11	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3001
12	606	808	1010	1213	1415	1617	1819	2021	2223	2425	2627	2829	3032
13	620	826	1032	1239	1450	1652	1859	2065	2271	2479	2684	2891	3097
14	630	840	1050	1259	1469	1679	1889	2099	2309	2518	2728	2938	3148
15	638	851	1064	1276	1489	1702	1914	2127	2334	2546	2759	2971	3183
16	647	863	1079	1295	1511	1726	1942	2158	2374	2590	2806	3021	3237
17	662	883	1104	1325	1546	1766	1987	2208	2429	2650	2870	3091	3313
18	678	904	1130	1356	1582	1808	2034	2260	2479	2704	2930	3155	3380
19	690	920	1151	1381	1611	1841	2071	2301	2531	2761	2991	3222	3453
20	712	949	1186	1423	1660	1898	2135	2372	2610	2847	3084	3322	3559
21	721	961	1201	1441	1681	1922	2162	2402	2644	2883	3123	3363	3604
22	730	973	1217	1460	1703	1946	2190	2433	2676	2920	3164	3406	3649
23	744	992	1240	1488	1736	1984	2232	2480	2728	2976	3224	3472	3720
24	754	1005	1257	1508	1759	2010	2262	2513	2764	3016	3267	3518	3769
25	767	1022	1276	1533	1789	2044	2306	2555	2810	3066	3322	3577	3832
26	779	1039	1299	1559	1819	2078	2338	2598	2858	3118	3378	3638	3898
27	796	1061	1327	1592	1857	2122	2388	2653	2919	3183	3448	3714	3979
28	816	1088	1360	1631	1903	2175	2447	2719	2990	3262	3534	3806	4078
29	843	1124	1405	1685	1966	2247	2528	2809	3090	3370	3651	3932	4213
30	892	1189	1487	1784	2081	2378	2676	2973	3270	3567	3864	4162	4459
31	955	1273	1592	1910	2228	2546	2865	3183	3501	3821	4138	4456	4775
32	988	1317	1647	1976	2305	2634	2964	3293	3622	3951	4281	4610	4939
33	1014	1352	1690	2028	2366	2704	3042	3380	3718	4056	4394	4732	5070
34	1032	1376	1721	2065	2409	2753	3097	3442	3785	4129	4474	4818	5162
35	1042	1389	1736	2083	2430	2778	3125	3472	3821	4167	4514	4861	5209
36	1076	1435	1794	2152	2511	2870	3228	3587	3945	4304	4663	5021	5380
37	1102	1469	1837	2204	2571	2938	3306	3673	4040	4407	4775	5142	5509
38	1129	1505	1882	2258	2634	3010	3387	3763	4140	4516	4892	5269	5645
39	1152	1536	1920	2303	2687	3071	3455	3839	4222	4607	4991	5374	5758
40	1169	1559	1949	2339	2729	3118	3508	3898	4287	4677	5067	5457	5846
41	1194	1592	1990	2387	2785	3183	3581	3979	4377	4775	5172	5570	5968
42	1226	1634	2043	2451	2860	3268	3677	4085	4494	4902	5311	5719	6126
43	1288	1717	2146	2575	3004	3434	3863	4292	4721	5150	5579	6008	6438
44	1333	1777	2221	2665	3109	3554	3999	4442	4866	5330	5774	6218	6662
45	1397	1863	2329	2795	3261	3726	4192	4658	5124	5590	6056	6522	6987
46	1415	1886	2358	2830	3301	3773	4244	4716	5187	5659	6130	6602	7074
47	1460	1946	2433	2920	3406	3893	4379	4866	5352	5839	6326	6812	7299
48	1508	2010	2513	3016	3518	4021	4523	5026	5528	6031	6534	7036	7539
49	1570	2093	2617	3140	3663	4186	4710	5233	5756	6279	6808	7326	7849
50	1637	2183	2729	3274	3820	4366	4911	5457	6002	6548	7094	7640	8185
51	1710	2280	2851	3421	3991	4561	5131	5701	6271	6841	7413	7982	8552
52	1805	2406	3008	3609	4211	4812	5414	6015	6619	7218	7820	8421	9023
53	1924	2566	3207	3848	4490	5131	5773	6414	7062	7704	8346	8988	9630
54	2084	2778	3473	4167	4862	5556	6251	6945	7639	8334	9028	9723	10417
55	2204	2938	3673	4408	5142	5877	6611	7346	8080	8815	9549	10284	11028

Bois Bois	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
Nr.	Tours/min.												
86	2465	3286	4108	4929	5751	6572	7394	8215	9036	9857	10678	11500	12322
87	2671	3561	4452	5342	6232	7122	8013	8903	9771	10660	11548	12436	13325
88	2729	3637	4547	5456	6367	7275	8186	9095	10004	10913	11823	12732	13642
89	2795	3726	4658	5590	6521	7453	8388	9316	10248	11180	12111	13043	13975
90	2865	3820	4775	5729	6684	7639	8594	9549	10504	11459	12414	13369	14324
91	2938	3918	4897	5876	6856	7835	8815	9794	10774	11753	12732	13712	14691
92	3015	4020	5025	6030	7035	8040	9045	10050	11057	12060	13068	14073	15078
93	3096	4128	5160	6192	7224	8256	9288	10320	11366	12398	13421	14453	15485
94	3183	4244	5305	6366	7427	8488	9549	10610	11671	12732	13793	14854	15915
95	3273	4364	5455	6546	7637	8728	9819	10910	12005	13096	14187	15279	16370
96	3474	4632	5790	6948	8106	9264	10422	11580	12732	13890	15047	16205	17362
97	3582	4776	5970	7164	8358	9552	10746	11940	13130	14324	15517	16712	17905
98	3696	4928	6160	7392	8624	9856	11088	12320	13554	14786	16018	17250	18482
99	3918	5224	6530	7836	9142	10488	11754	13060	14389	15697	17006	18314	19622
70	4091	5456	6820	8184	9548	10912	12276	13640	15006	16370	17734	19099	20463
71	4419	5892	7365	8838	10311	11784	13257	14730	16160	17629	19099	20568	22037
72	4584	6112	7640	9168	10696	12224	13752	15280	16807	18335	19863	21390	22918
73	4776	6368	7960	9552	11144	12736	14328	15920	17507	19099	20690	22282	23873
74	5106	6808	8510	10212	11914	13616	15318	17020	18674	20327	22069	23767	25465
75	5457	7276	9095	10914	12733	14552	16371	18190	20008	21827	23646	25465	27284
76	5730	7640	9550	11460	13370	15280	17190	19100	21008	22918	24828	26738	28648
77	6366	8488	10610	12732	14854	16976	19098	21220	23343	25465	27587	29709	31831
78	7161	9548	11935	14322	16709	19096	21483	23870	26260	28648	31035	33422	35810
79	7902	10536	13170	15804	18438	21072	23706	26340	28988	31611	34246	36880	39514
80	8490	11320	14150	16980	19810	22640	25470	28300	31123	33953	36782	39612	42441

TABLE DES VITESSES DE COUPE
(Forets, Diamètres Jauge Alphabétique)

Bois Bois	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
	Tours/min.												
A	491	654	818	982	1145	1309	1472	1636	1796	1959	2122	2285	2448
B	482	642	803	963	1124	1284	1445	1605	1765	1926	2086	2247	2407
C	473	631	789	947	1105	1262	1420	1578	1736	1894	2052	2210	2368
D	467	622	778	934	1089	1245	1400	1556	1708	1863	2018	2174	2329
E	458	611	764	917	1070	1222	1375	1528	1681	1834	1986	2139	2292
F	446	594	743	892	1040	1189	1337	1486	1635	1784	1932	2081	2229
G	440	585	732	878	1024	1170	1317	1463	1610	1756	1903	2049	2195
H	430	574	718	862	1005	1149	1292	1436	1580	1723	1867	2010	2154
I	421	562	702	842	983	1123	1264	1404	1545	1685	1826	1966	2106
J	414	552	690	827	965	1103	1241	1379	1517	1655	1793	1930	2068
K	408	544	680	815	951	1087	1223	1359	1495	1631	1767	1903	2039
L	395	527	659	790	922	1054	1185	1317	1449	1581	1712	1844	1976
M	389	518	648	777	907	1036	1166	1295	1424	1554	1683	1813	1942
N	380	506	633	759	886	1012	1139	1265	1391	1518	1644	1771	1897
O	363	484	605	725	846	967	1088	1209	1330	1450	1571	1692	1813
P	355	473	592	710	828	946	1065	1183	1301	1419	1537	1657	1774
Q	345	460	575	690	805	920	1035	1150	1266	1384	1496	1611	1726
R	338	451	564	676	789	902	1014	1127	1239	1355	1465	1577	1690
S	329	439	549	659	769	878	988	1098	1207	1317	1427	1537	1646
T	320	426	533	640	746	853	959	1066	1173	1280	1387	1494	1600
U	311	415	519	623	727	830	934	1038	1142	1246	1349	1453	1557
V	304	405	507	608	709	810	912	1013	1114	1219	1317	1418	1520
W	297	396	495	594	693	792	891	989	1083	1188	1286	1385	1484
X	289	385	481	576	672	769	865	962	1058	1155	1251	1347	1443
Y	284	378	473	567	662	758	851	945	1040	1135	1229	1324	1418
Z	277	370	462	555	647	740	832	925	1017	1110	1202	1295	1387

TABLE DES VITESSES DE COUPE
(Forêts, Diamètres en Millimètres)

Mètres Minute	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
mm	Tours/min.												
1	2547	2866	3184	3503	3822	4140	4458	4777	5095	5414	5732	6050	6369
2	1273	1433	1592	1751	1910	2070	2230	2388	2547	2707	1910	2016	2123
3	849	955	1061	1167	1273	1380	1486	1592	1698	1804	2866	3025	3184
4	636	716	796	876	955	1035	1115	1194	1273	1353	1433	1512	1592
5	509	572	636	700	763	827	891	955	1018	1082	1145	1209	1273
6	425	472	530	583	636	690	743	796	849	902	955	1008	1061
7	363	409	454	500	545	590	636	682	727	772	818	863	909
8	318	358	398	438	477	517	557	597	636	676	716	756	796
9	282	318	353	389	424	459	495	530	565	601	636	672	707
10	254	286	318	350	382	413	445	477	509	541	572	604	636
11	231	260	289	318	347	376	405	434	462	491	520	549	579
12	212	238	265	292	318	345	371	398	424	451	477	504	530
13	195	220	244	269	293	318	342	367	391	415	440	464	489
14	181	204	227	250	273	295	318	341	363	386	409	431	454
15	169	191	212	233	254	276	297	318	339	360	382	403	424
16	159	179	199	219	239	259	278	298	318	338	358	378	398
17	148	167	187	204	223	243	262	280	299	318	337	355	374
18	141	159	176	194	212	230	247	265	283	300	318	336	353
19	134	150	167	184	201	217	234	251	268	284	301	318	335
20	128	143	159	175	191	207	223	238	254	270	286	302	318
21	121	136	151	166	181	197	212	227	242	257	272	287	303
22	115	130	144	159	173	188	202	217	231	246	260	276	289
23	110	124	138	153	166	180	194	207	221	235	250	264	276
24	106	119	132	146	159	172	186	199	212	225	239	252	265
25	101	114	127	140	153	165	178	191	204	216	229	242	254
26	97	110	122	135	147	159	171	183	196	208	220	232	244
27	94	106	117	130	141	153	165	176	189	200	212	224	235
28	91	102	113	125	136	148	159	170	182	193	204	216	227
29	87	98	109	121	132	143	154	164	175	188	197	208	219
30	85	95	106	117	127	138	148	159	170	182	198	201	212
32	79	89	99	109	119	129	139	149	159	169	179	189	199
35	72	81	90	100	109	118	127	136	145	154	164	173	181
40	64	72	79	87	95	103	111	119	127	135	143	151	159
45	56	63	70	78	85	92	99	106	113	120	128	135	141
50	50	57	63	70	76	83	89	95	102	108	114	121	127
55	46	52	57	64	69	75	81	86	93	98	104	110	115
60	42	47	53	58	64	69	74	79	85	90	95	101	106
63	40	45	51	56	61	66	71	76	81	86	92	98	102
65	39	44	49	54	59	64	68	73	78	83	88	93	98
70	36	41	45	50	54	59	64	68	73	77	82	86	91
75	33	37	42	46	50	55	59	63	67	71	76	80	84

TABLE DES VITESSES DE COUPE

(Forets Diamètres en Millimètres)

mm	21	23	25	27	29	30	35	40	45	50	60	70	80
mm	Tours/min.												
1	6687	7324	7961	8598	9325	9554	11146	12738	14331	15923	19108	22252	25477
2	3343	3662	3980	4299	4618	4777	5573	6369	7165	7961	9554	11146	12738
3	2230	2440	2653	2864	3076	3184	3715	4246	4777	5307	6369	7430	8492
4	1671	1831	1990	2149	2309	2388	2786	3184	3582	3980	4777	5573	6369
5	1336	1464	1592	1718	1845	1910	2229	2547	2866	3184	3821	4458	5095
6	1115	1220	1326	1432	1538	1592	1857	2123	2388	2653	3184	3715	4246
7	954	1045	1137	1227	1318	1364	1592	1819	2047	2274	2729	3184	3639
8	835	915	995	1075	1155	1201	1393	1592	1791	1990	2388	2786	3184
9	742	813	884	954	1024	1070	1238	1415	1592	1769	2123	2476	2830
10	668	731	796	859	922	968	1114	1273	1433	1592	1910	2229	2547
11	607	665	723	780	838	884	1013	1158	1302	1447	1737	2026	2316
12	557	610	663	716	769	815	928	1061	1194	1326	1592	1857	2123
13	513	562	612	660	709	754	857	979	1102	1224	1459	1714	1959
14	477	522	568	613	659	704	796	909	1023	1137	1364	1592	1819
15	445	488	530	572	615	656	743	849	955	1061	1273	1486	1698
16	417	457	497	537	576	615	696	796	895	995	1194	1393	1592
17	393	430	468	505	543	582	655	749	843	936	1124	1311	1498
18	371	406	442	477	512	549	619	707	796	884	1061	1238	1415
19	351	385	419	452	485	522	586	670	754	838	1005	1173	1340
20	334	366	398	429	461	497	557	636	716	796	955	1114	1273
21	318	348	379	409	439	474	530	606	682	758	909	1061	1213
22	303	332	361	390	419	454	506	579	651	723	868	1013	1158
23	290	319	346	374	401	436	484	553	623	692	830	969	1107
24	278	305	331	358	384	419	464	530	597	663	796	928	1067
25	267	293	318	343	369	404	445	509	573	636	764	891	1019
26	257	281	306	330	355	389	428	489	551	612	734	857	979
27	247	271	294	319	342	375	412	471	530	589	707	825	943
28	238	261	284	307	329	361	398	454	511	568	682	796	909
29	231	253	274	297	318	349	384	439	494	549	658	768	878
30	223	244	265	286	307	337	371	424	477	530	636	743	849
32	209	229	248	268	288	317	348	398	448	498	596	695	795
35	190	209	227	245	263	292	318	363	409	454	545	636	727
40	167	176	199	209	226	258	278	318	358	398	477	557	636
45	149	163	176	191	205	237	247	283	318	353	424	495	566
50	134	146	159	172	184	216	222	254	286	318	382	445	509
55	121	133	144	156	168	199	202	231	260	289	347	405	463
60	111	122	132	143	154	185	185	212	238	265	318	371	424
65	106	117	127	137	148	179	176	202	221	252	303	353	404
68	103	113	122	132	142	173	171	195	220	244	293	342	391
70	95	104	114	123	132	163	159	181	205	227	273	318	364
75	88	97	105	113	122	153	148	169	191	212	254	297	335



CLEVELAND TWIST DRILL NEDERLAND, N.V.

P.O. Box 493, Fregatweg 52, Beatrixhaven, Maastricht, The Netherlands