

LA PROLONGATION DE LA DURÉE DE COUPE PAR CHROMAGE DUR DES OUTILS A BOIS *

par Eginhard BARZ.

Institut de Recherche sur l'outillage à Remscheid.

SUMMARY

LENGTHENING THE CUTTING LIFE OF WOODWORKING TOOLS BY HARD CHROMING.

From the manufacturing point of view, the only way of appreciably lengthening the useful life of woodworking tools is by some of the numerous systems of surface treatment. When working on dry materials incorporating wood, which have a seriously abrasive effect on the cutting edges of tools, the most satisfactory results are obtained with tools which have received a hard chroming treatment under the best conditions.

The marked diminution in wear following chroming is probably due to a reduction in friction and to the fact that the cutting surface is no longer exposed to chemical or electrochemical attack.

It has been repeatedly demonstrated that the hardness of the cutting edge is not the only factor which contributes to improving resistance to wear.

Hard chroming is particularly advisable for woodworking tools which are sharpened only on the leading edge or only on the trailing edge, or for which it is not possible to use inlaid tungsten carbide plates. Similarly, where saw blades are concerned, the advantage of hard chroming may be taken full advantage of by a modification of sharpening methods.

If the hard chromed cutting edges are sharpened only on the leading edge, the result is a self-sharpening, and consequently a further increase in the length of cutting life. In the case of self-sharpening, it is not the wear of the cutting edge or the volume of wear which determines re-sharpening, but the depth of the cavity which risks causing a break in the layer of hard chrome.

RESUMEN

LA PROLONGACION DE LA DURACION DEL FILO POR CROMADO DURO EN LAS HERRAMIENTAS PARA LABRAR MADERAS

Si nos situamos desde el punto de vista de la fabricación, únicamente algunos de los numerosos procedimientos de tratamiento de la superficie de las herramientas permiten prolongar de forma apreciable su duración de servicio. Cuando se trabajan materiales secos a base de madera, que poseen un efecto abrasivo importante sobre el corte de las herramientas, los resultados más satisfactorios son aquellos obtenidos mediante las herramientas que han sido objeto de un tratamiento por cromado duro efectuado en las mejores condiciones técnicas posibles.

La disminución apreciable del desgaste, con motivo del cromado, se debe sin duda alguna a una disminución de la fricción y, asimismo, al hecho de que la superficie de corte deja de quedar expuesta a los ataques químicos y electroquímicos.

Se ha podido demostrar, en diversas ocasiones, que la dureza de la arista cortante no es el único factor que permite mejorar la resistencia al desgaste.

El cromado duro debe ser aconsejado, sobre todo, para las herramientas para labrar maderas, afiladas únicamente por su cara de ataque o únicamente por su cara correspondiente al ángulo de incidencia o bien para aquellas herramientas en las cuales no es posible vislumbrar la utilización de plaquitas postizas de carbono de tungsteno. Del mismo modo, y por lo que se refiere a las hojas de sierra, la ventaja del cromado duro podría quedar plenamente aprovechada por una modificación de los métodos de afilado.

Si bien el afilado de las aristas tratadas al cromo duro únicamente se efectúa por la cara de ataque, de ello bien se deriva un autoafilado y, por consiguiente, un nuevo aumento de la duración de corte. En el caso del fenómeno de autoafilado, no es el desgaste de la arista o el volumen de desgaste aquel hecho que determina un nuevo afilado de la herramienta, sino, menor aún, la profundidad de vaciado que corre el riesgo de dar lugar a la ruptura de la capa de cromo duro.

* Résultats de travaux de recherche réalisés à l'Institut de Recherche sur l'outillage, Remscheid, à la demande de l'Association pour la Promotion des Travaux de Recherche et de Développement dans l'Industrie de l'Équipement

à Remscheid, et patronnés par le Ministère Fédéral de l'Industrie par l'Intermédiaire de la Coopérative des Associations de Recherches Industrielles.

INTRODUCTION

En général, la prolongation de la durée de coupe d'un outil à bois est obtenue par l'utilisation de matières résistant à l'abrasion, telles que l'acier rapide ou le carbure de tungstène, à la place de l'acier non allié ou faiblement allié.

Cependant, dans la pratique il existe toute une série de cas concrets dans lesquels le risque d'emploi d'outils coûteux, par exemple, à plaquettes rapportées est trop grand ; en effet, la matière à traiter n'est pas homogène et peut renfermer des corps étrangers très durs. L'on préfère alors l'emploi d'outils en acier légèrement allié.

Afin de combler ici une lacune, il y avait lieu d'examiner si l'on ne pouvait influencer les formes d'usure connues par l'utilisation de certains procédés de traitement de la surface des outils à bois en acier faiblement allié en liaison avec des méthodes d'affûtage appropriées, de manière que l'angle d'attaque et l'angle de dépouille résistent le plus longtemps possible à l'usure et qu'un effet d'auto-affûtage se produise. De cette façon l'on réduirait le nombre de réaffûtages et donc les temps de changement d'outils ainsi que les arrêts de la machine.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

Depuis toujours, le corps et la surface des arêtes des outils à bois sont constitués essentiellement par une même matière, homogène et possédant partout la même structure. Il en va de même pour les outils à arêtes rapportées en carbure de tungstène, en acier rapide ou stellitées. Ceci explique que le processus caractéristique et la forme de l'usure des arêtes réalisées dans les matériaux connus sont semblables à l'intérieur d'un grand nombre de conditions de coupe.

Une forme d'usure très courante, résultant de l'usinage de bois secs, des arêtes d'outils — en acier légèrement allié ou en carbure de tungstène — peut s'expliquer par exemple en observant le processus de coupe (figures 1 et 2).

Le bois étant une matière élastique, l'arête commence par mordre plus ou moins dans le bois, selon son degré d'usure, sans enlever de copeau. Par ce fait, l'arête s'use par un processus de polissage et épouse la pièce de bois en fonction de la déforma-

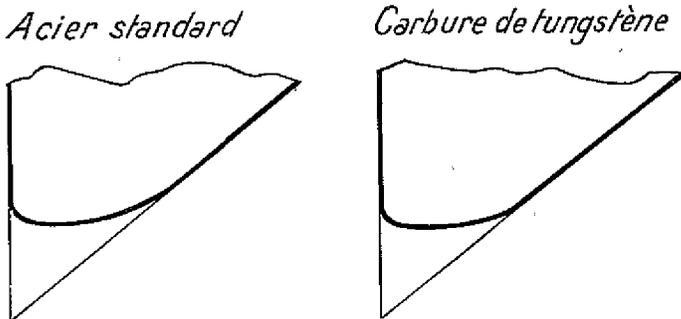
tion élastique de cette dernière. L'angle de dépouille positif au départ, devient négatif. Par une pression de coupe suffisamment importante, la fibre de bois déformée par élasticité se déchire et forme un copeau. Manifestement, le frottement est plus grand sur la face de dépouille que sur la face d'attaque du copeau. Les endroits qui déterminent la qualité de la coupe ou qui rendent le réaffûtage nécessaire sont ceux qui accusent la plus grande usure, c'est-à-dire, dans la forme d'usure précitée, la face de dépouille et les faces latérales.

Sur la base de ces connaissances, il apparaît donc nécessaire de diminuer l'usure des faces de dépouille par exemple par :

1. — chromage dur ;
2. — nitruration ;
3. — inclusion en surface et à chaud de carbure de tungstène.

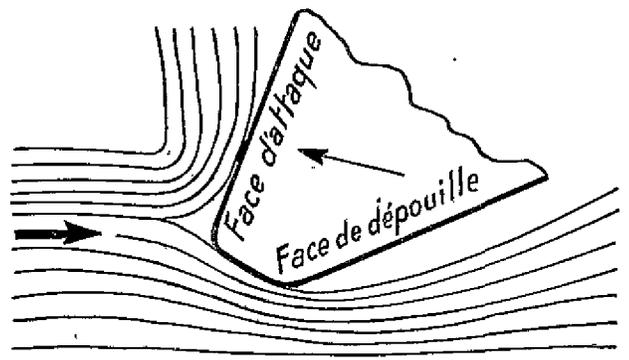
Ces procédés ont été employés dans la pratique avec des résultats fort divers. La documentation qui existe à ce sujet fait apparaître que c'est par le

FIG. 1. — Formes d'usure des arêtes, angle d'attaque = 20°, angle de dépouille = 22° ; a) acier ordinaire, matière traitée ; contreplaqué de Makoré ; b) carbure de tungstène, matière traitée ; panneaux de fibres dures.



Formes d'usure d'outils à bois dans différentes conditions de coupe.

FIG. 2.



Formation de copeau devant l'arête d'un outil à bois.

chromage dur que les plus grandes prolongations de durée de coupe ont été obtenues. Cependant, les conditions d'utilisation n'ayant pas encore été décri-

les avec suffisamment de précision, il était intéressant de vérifier cette hypothèse par une analyse systématique.

LIMITES DE L'ÉTUDE

Les recherches effectuées à l'Institut de Recherche sur l'Outillage ont porté essentiellement sur l'examen d'arêtes traitées au chrome dur par rapport à des arêtes non traitées. Pour comparaison, l'on a utilisé aussi des arêtes nitrurées et des arêtes ayant subi des traitements thermiques.

Le chromage dur de dents individuelles a été réalisé à l'Institut pour les Métaux rares et la Chimie métallurgique à Schwäbisch Gmünd, selon des conditions de bain bien définies et reproductibles.

ESSAIS

Analyse de l'adhérence des couches de chrome dur :

Pour cette analyse sur l'adhérence, l'on a fait un choix parmi les nombreux alliages d'acier en fonction de la teneur en carbone et des éléments d'alliage. On a expérimenté des mèches, des lames de scies, des scies à chaîne, des fers à rabots, etc...

Le contrôle d'adhérence a montré que tous les alliages, au nombre de six, permettaient après traitement préparatoire approprié (par bain électrolytique par exemple) le chromage dur avec un coefficient d'adhérence suffisamment élevé. Les expériences ont été effectuées sur des dents en acier faiblement allié au chrome Vanadium (CrV), matériau n° 2235. On a utilisé en outre d'autres matières courantes pour la fabrication des outils à bois, y compris l'acier rapide.

Essais de coupe :

Les essais ont été réalisés sur une machine à variation continue de vitesse de coupe et d'avance. Pour tenir compte de l'influence de l'hétérogénéité du bois sur l'usure de l'arête, l'on a monté en même

temps 4 dents sur un disque à intervalles d'environ 2 mm dans le sens axial et radial (figure 3).

Chaque dent créait par conséquent sa propre trace dans le bois. Du fait du léger chevauchement axial des 4 outils, chaque coupe laissait subsister une ligne droite et nette. Ceci facilitait la détermination toujours difficile de l'usure après différents traits de scie.

Afin de réduire la durée des essais principaux, l'on a scié du Makoré fortement abrasif pour lequel déjà, après une avance de 2,5 m (= 425 m de course), se manifestait une usure mesurable de l'arête en acier. Ceci n'était pas possible après une avance et une course 40 fois plus élevées dans du pin ou du hêtre.

RÉSULTATS D'ESSAIS

Selon le traitement de la surface et le procédé d'affûtage, des formes d'usure caractéristiques se produisent lors du sciage du Makoré sec sur des dents en acier faiblement allié CrV, matériau n° 2235. Pour les figures 4 à 7, on a choisi une longueur de coupe suffisamment grande afin de bien faire ressortir la forme d'usure.

POUR UNE DENT TREMPÉE PAR INDUCTION, la partie avant de l'arête formée par la face d'attaque, la face de dépouille et le flanc, qui selon le dispositif de la figure 3, et contrairement à la partie arrière de l'arête restée coupante, était seule à participer au processus de sciage, s'arrondit après 2.000 m de course (voir figure 4 au premier plan).

Par suite de l'usure en arrondi de l'arête principale (entre la face d'attaque et la face de dépouille) les efforts de coupe augmentent et la surface de l'objet traité se détériore. Par suite de l'usure en

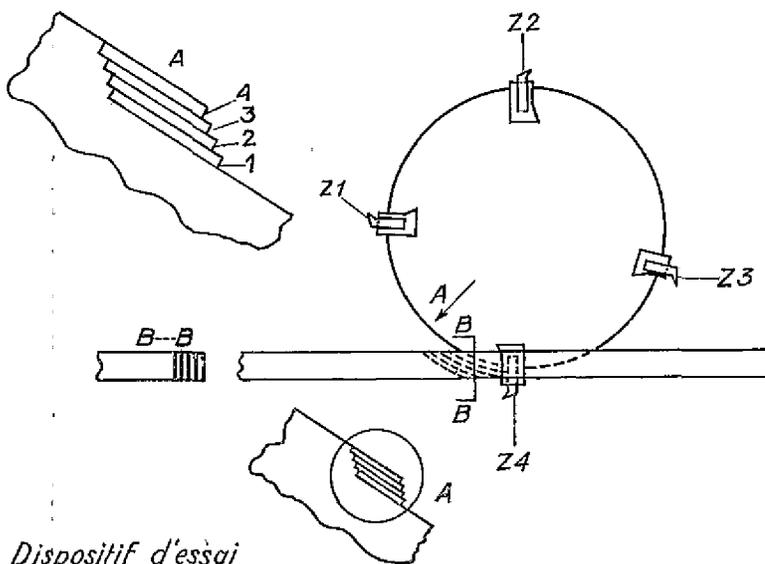


FIG. 3. — Dispositif pour les essais destinés à neutraliser les effets de l'hétérogénéité du bois grâce à 4 dents interchangeables $z_1...z_4$ montées sur un corps d'outil en forme de disque, épaisseur de la dent 3 mm, décalage axial des dents 2 mm, longueur de course pour z_1 : 273 mm, z_2 : 280 mm, z_3 : 282 mm et z_4 : 284 mm.

Dispositif d'essai

arrondi de la partie avant de l'arête (figure 4) des pressions latérales s'exercent sur la dent et la voie des dents a tendance à disparaître. Il en résulte une diminution de l'épaisseur du trait et une augmentation du frottement. On observe la même forme d'usure sur des arêtes durcies normalement, sans traitement de surface, en acier rapide ou carbure de tungstène, bien que dans ces cas leur durée de coupe soit supérieure à celle de l'acier ordinaire.

On observe une tout autre forme d'usure après une course de 7.000 m (figure 5) effectuée par une dent dont la face d'attaque et les faces latérales ont été traitées au chrome dur, et la face de dépouille affûtée avant la mise en service. Il se produit ici une ligne nette de partage entre la partie usée de la face d'attaque et la face de dépouille ; tandis que, (contrairement à ce qui se passait pour une dent non chromée — figure 4), l'angle d'attaque est maintenu, l'angle de dépouille devient également négatif (— 10 à — 20°). En ce qui concerne la qualité de la surface après la coupe, les remarques déjà faites pour l'outil trempé par induction sont valables (figure 4). La comparaison montre toutefois qu'il a fallu une course beaucoup plus longue pour obtenir une usure à peu près équivalente.

Pour une dent traitée au chrome dur sur sa face de dépouille et ses faces latérales, on n'observe une usure certaine qu'après une course de sciage de 20.000 m (figure 6). Par le chromage dur de la face de dépouille, se forme un creux comparable à un brise-copeaux, amenant un effet d'auto-affûtage. Avec cette dent et d'autres dents également usées en creux, l'on a obtenu des qualités de coupe équivalentes à celles obtenues avec des dents très affûtées. Des dents en acier rapide traitées au chrome

De haut en bas :

FIG. 4. — Usure d'une dent trempée par induction après une coupe de 2.000 m ; matériau n° 2235, Makoré, épaisseur 25 mm.

FIG. 5. — Usure d'une dent traitée au chrome dur sur ses faces latérales et sa face d'attaque (à droite sur l'illustration) après une coupe de 7.000 m. La face de dépouille (partie gauche de la dent) a été affûtée avant l'essai ; matériau n° 2235, Makoré, épaisseur 25 mm.

FIG. 6. — Usure d'une dent traitée au chrome dur sur ses faces latérales et sa face de dépouille (partie gauche de la dent), après une coupe de 7.000 m. La face d'attaque (à droite sur l'illustration) a été affûtée avant l'essai, matériau n° 2235, Makoré, épaisseur 25 mm.

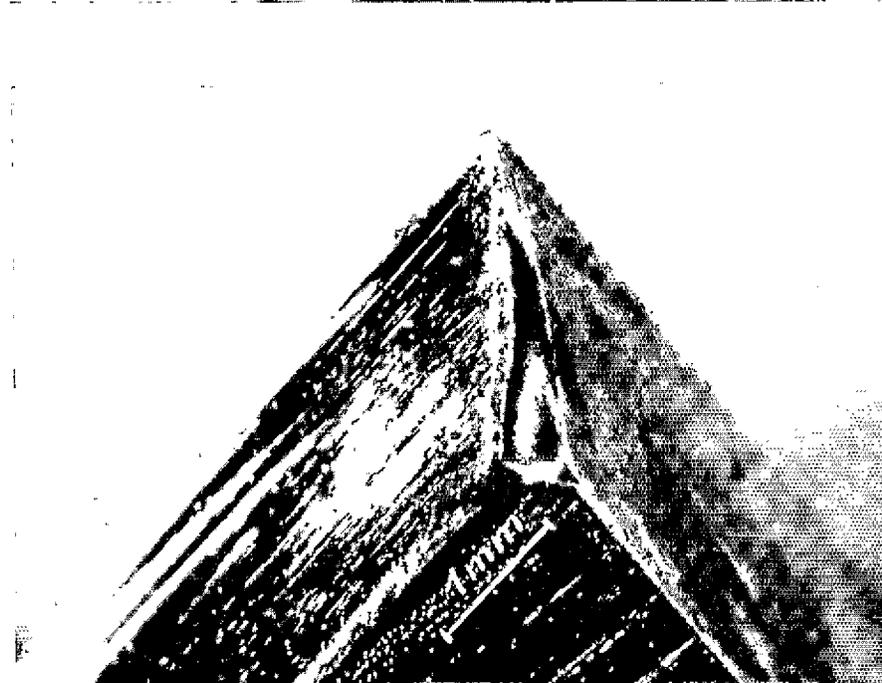
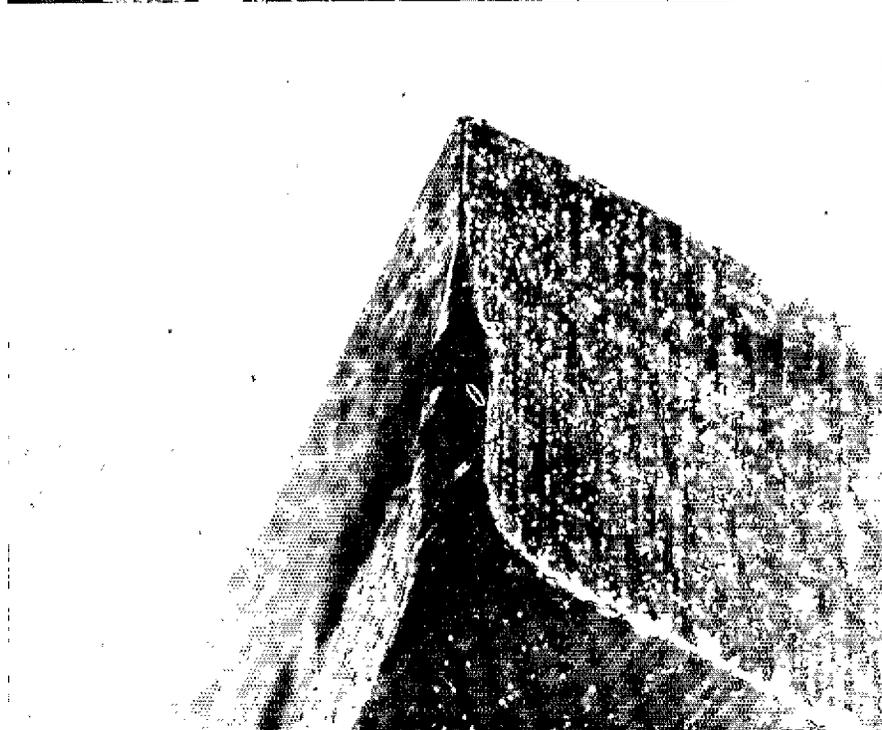




Fig. 7. — Vue de la face d'attaque de la dent de la figure 6. On remarque (partie supérieure gauche de la photo) le « creux » d'usure.

dur accusent un creux moins important que celles en acier CrV comme le montre la figure 7 ; la forme d'origine de l'arête est pratiquement maintenue, même après formation du creux. Un réaffûtage n'est donc pas encore nécessaire.

Dans la figure 8 on compare des profils d'usure d'arêtes réalisées dans le même matériau (n° 2235) mais traitées différemment en surface. Dans tous les cas, les conditions de coupe étaient égales, à l'exception de la vitesse d'avance ; cette dernière comportait à gauche 0,7 m/min., à droite 0,96 m/min., correspondant à une épaisseur moyenne de copeaux de 0,1 et de 0,14 mm. Par suite du faible recouvrement des 4 dents à décalage axial, il reste une partie d'arête de chaque dent intacte qui sert de repère aux phases successives de l'usure.

Fig. 9. — Usure de l'arête lors du sciage de contreplaqué collé à la résine synthétique, épaisseur 20 mm, pour différentes conditions de coupe a...d.

	a	b	c	d
Vitesse de coupe m/sec	50	68	68	85
Épaisseur moyenne de copeau mm	0,13	0,09	0,13	0,07
Longueur de coupe en m	820	1.120	812	1.400

1 — traité au chrome dur, 2 — nitruré, 3 — trempé par induction, 4 — non traité ; SV₁ — usure à 0,5 mm de la face latérale de l'arête ; SV₂ — usure du flanc.

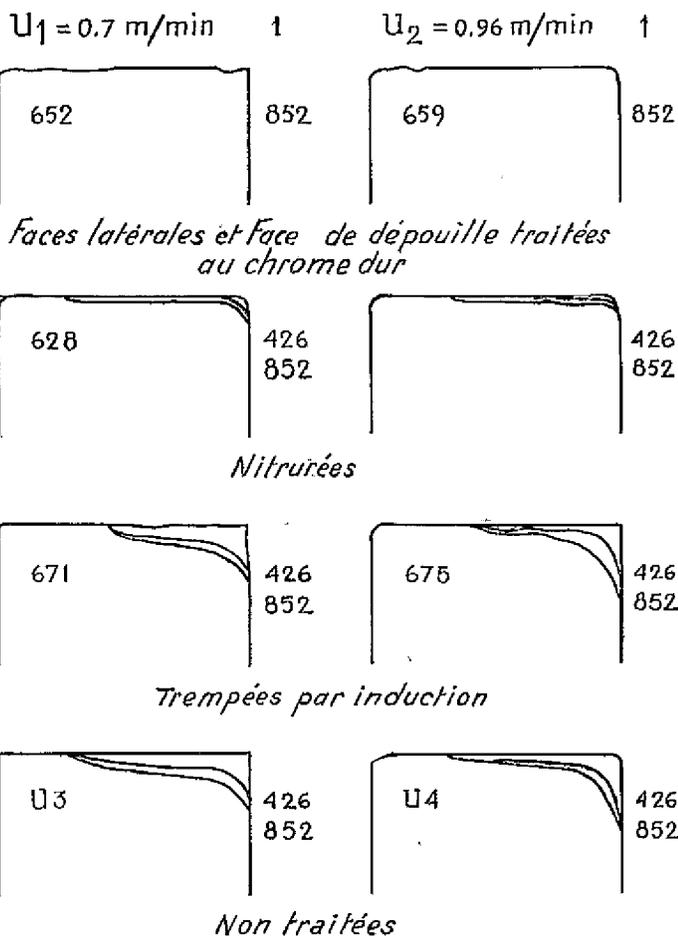


Fig. 8. — Usure de dents après sciage de contreplaqué collé à l'aide de résine synthétique, épaisseur 20 mm, largeur d'arête 3 mm, matériau n° 2235, vitesse de coupe 50 m/sec., l = longueur de coupe, hM = épaisseur moyenne de copeau, u = vitesse d'avance.

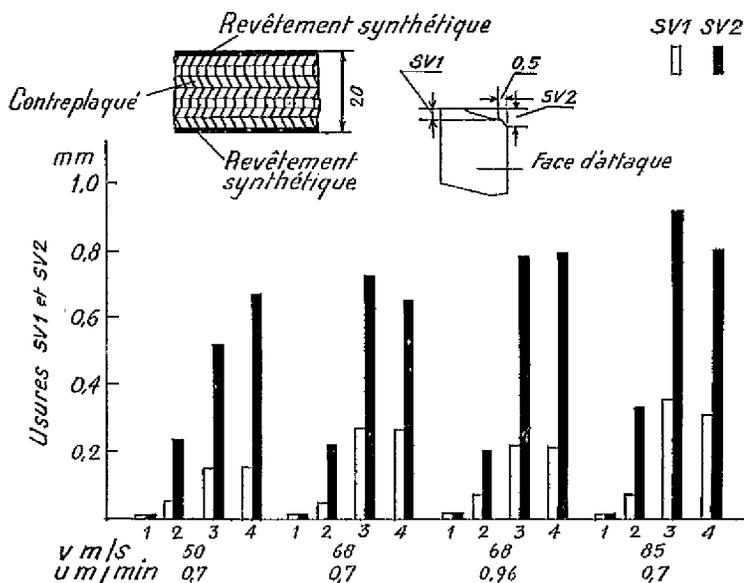
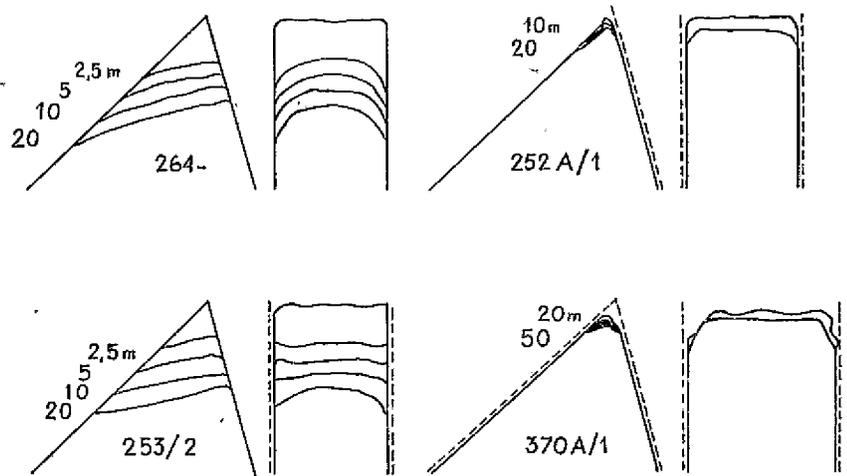


FIG. 10. — Influence du traitement des dents traitées au chrome dur (matériau 2235) sur l'usure, comparée à celle des dents non traitées après différents traits de scie. Dent n° 264 non traitée, dent n° 253/2 traitée au chrome dur sur les faces latérales, dent n° 252 A/1 traitée au chrome dur sur la face d'attaque et sur les faces latérales, dent n° 370 A1 traitée au chrome dur partout, vitesse de coupe 50/m sec., épaisseur moyenne de copeau 0,13 mm, Makoré, épaisseur 25 mm.



L'on voit donc d'une façon très nette la supériorité des dents traitées au chrome dur par rapport aux dents niturées et surtout aux dents trempées par induction ou non traitées.

La figure 9 montre les valeurs SV_1 de l'usure de l'arête à 0,5 mm de la face latérale et SV_2 de l'usure sur cette face.

La première valeur SV_1 est prise en considération lorsqu'il s'agit d'outils pour lesquels l'usure de l'arête est primordiale pour déterminer le moment du réaffûtage. Exemple : fer de rabot, fraise, couteau, etc. La seconde valeur, SV_2 sert plus particulièrement pour les outils à scier, pour lesquels l'usure des pointes de dent doit être considérée comme déterminante pour le réaffûtage.

L'usure a été déterminée sur des dents traitées au chrome dur, niturées ou trempées par induction et non traitées. Bien que les dents aient été utilisées dans 4 conditions de coupe différentes, le même processus d'usure a été observé. Une notion de base plus générale a donc été établie à l'aide de ce graphique.

La dureté de l'arête n'est pas seule déterminante pour l'usure, car d'une part, les dents niturées et trempées par induction accusent une dureté environ égale (dureté Vickers 860... 930 kp/mm^2 et dureté Rockwell C 64...66) à celle des dents traitées au chrome dur alors que leur usure est très différente. D'autre part, les dents non traitées et les dents trempées

----- Traité au chrome dur

$V = 50 \text{ m/sec}$ Matériau N° 2235

$U = 0,7 \text{ m/min.}$ matière traitée : Contreplaqué de makoré 9 plis 25 mm d'épaisseur

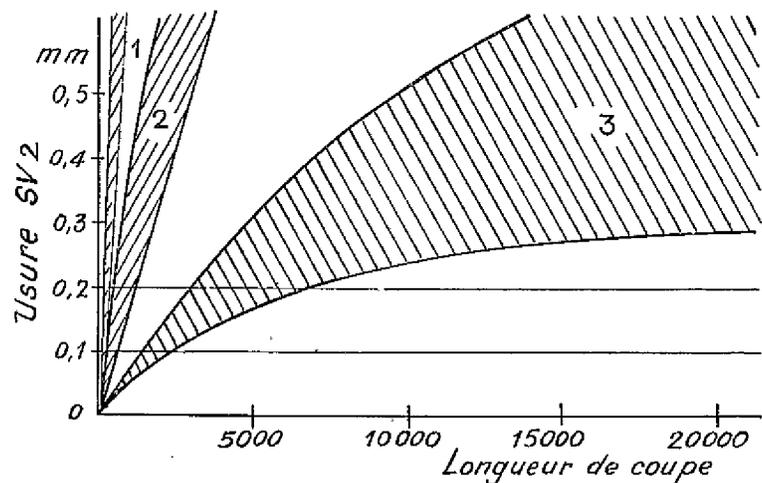
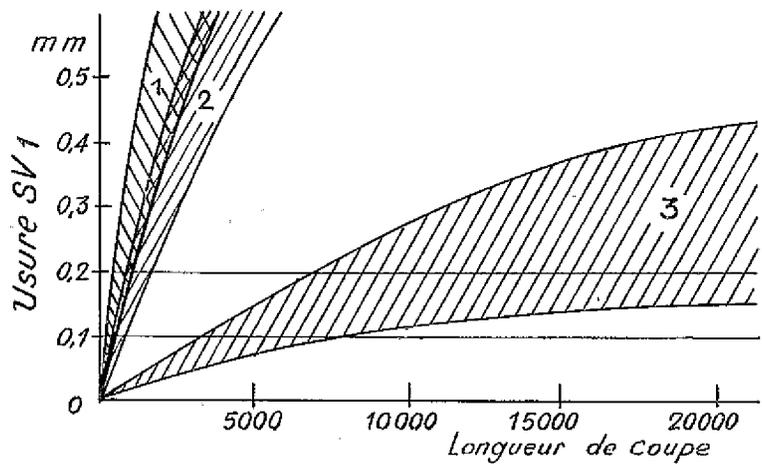


FIG. 11. — Usure de l'arête lors de la coupe de Makoré, épaisseur 20 mm en fonction de la course. Zone 1, dents non traitées. Zone 2, dents à faces latérales traitées au chrome dur (face d'attaque et face de dépouille affûtées avant la mise en service); Zone 3, dents traitées au chrome dur sur 3 ou 4 faces (face d'attaque ou face de dépouille affûtées avant la mise en service ou dents affûtées avant traitement au chrome dur).

par induction se distinguent par une dureté différente (dureté Vickers 493 et 860 kp/mm² et dureté Rockwell C 48 et 64) mais non par l'usure.

Etant donné la très nette supériorité des dents traitées au chrome dur par rapport aux dents traitées différemment ou non traitées, l'on a examiné de plus près l'influence sur l'usure des conditions de chromage et de l'épaisseur des couches. Ainsi on a pu déterminer les conditions optimales de chromage dur pour les dents testées.

L'influence du traitement des dents sur l'usure est illustrée par les graphiques (figure 10) de 4 dents n'ayant environ qu'un millimètre de largeur, ayant subi des traitements différents. Etant donné que pour ces dents, comparativement très minces, les faces latérales n'étaient pas exposées à l'usure (angle de dépouille latérale = 0°) on a utilisé deux graphiques permettant une meilleure figuration de la forme de l'usure : l'un montre les phases successives d'usure du profil de la dent, l'autre montre le recul de l'arête sur la face d'attaque, inclinée de 10° environ du côté où l'usure est la plus faible.

Sur les dents non traitées, l'usure des arêtes est déjà telle après un parcours de 2,5 m, qu'il aurait déjà fallu entreprendre un réaffûtage (à peu près après 0,5 m). Pour les dents dont seules les faces latérales ont été traitées au chrome dur et qui, comme il est habituel pour les lames de scie, ont été affûtées sur la face d'attaque et la face de dépouille, l'arête reste droite malgré l'usure jusqu'à un par-

cours de 10 m. Les dents traitées au chrome dur sur 3 ou 4 faces, n'accusent une usure nettement mesurable qu'après un parcours de 20 ou 50 m.

La figure 11 montre l'usure en fonction de la coupe, en tenant compte de la dispersion des résultats SV₁ sur l'arête et SV₂ sur les faces latérales. Si l'on admet une usure de coupe de 0,1 mm, il s'en suit tant pour SV₁ que pour SV₂ entre les secteurs 1, 2 et 3 des graphiques une durée moyenne de coupe qui se trouve environ dans les rapports 1 : 2 : 12 ; dans le cas le plus défavorable 1 : 1,5 : 7. La durée de coupe dépend aussi, principalement, du nombre de faces qui sont affûtées ou restent traitées au chrome dur.

Les résultats indiqués avec des dents traitées au chrome dur sont valables pour des bois très abrasifs tels le contreplaqué de Makoré, le Makoré en massif à l'état sec.

Etant donné la durée et le coût des essais d'usure, ainsi que le grand volume de bois nécessaire, les essais avec le hêtre et l'épicéa sont poursuivis dans les industries du bois au moyen de scies et de fraises équipant ces entreprises.

Une autre limite de validité doit être indiquée : les résultats obtenus dépendent en grande partie des conditions de chromage, notamment de la qualité et de l'épaisseur de la couche de chrome. D'après les résultats d'essais d'usure dont nous disposons, des épaisseurs de 20 à 40 microns permettent de prolonger la durée de vie des outils dans les conditions qui ont été indiquées.

