

2

LA TECHNOLOGIE DU MATRIÇAGE

2.1 - Spécificité et atouts

Le matriçage est une opération qui consiste à déformer à chaud un tronçon de barre, le lopin, soumis à une pression entre deux demi-matrices portant l’empreinte de la pièce à obtenir. Par rapprochement des deux parties de la matrice, on constitue une forme dans laquelle le métal, chauffé à température convenable, est comprimé.

Le matriçage est une technique de fabrication industrielle de pièces semi-finies qui possède de nombreux avantages.

- Il offre la possibilité de réaliser, avec précision, en grande et moyenne série, des pièces de formes variées et complexes, avec des cadences de production pouvant atteindre 3 000 frappes par heure.
- Les pièces matriçées présentent des caractéristiques mécaniques remarquables : par suite des déformations plastiques importantes et rapides qu’il met en jeu, le matriçage affine la structure et permet l’orientation des fibres ; ceci confère aux pièces matriçées des caractéristiques générales élevées avec, en particulier, une grande résistance à la fatigue.

- L’absence de défauts tels que criques, retassures, porosités ou soufflures est une caractéristique essentielle du matriçage qui assure une parfaite étanchéité aux pièces.
- Les pièces matriçées sont facilement parachevées par usinages complémentaires. Il peut s’agir alors de pièces complexes dont les prix de revient sont très compétitifs. Il est ainsi possible d’atteindre par matriçage des niveaux de qualité améliorés par rapport à la fonderie, pour des investissements moins importants.
- Enfin, les pièces obtenues par matriçage présentent une résistance remarquable à la corrosion et notamment au « season cracking » ou corrosion sous tension. Ce point particulier est traité au paragraphe 5.3.

2.2 - Les différents types de matrices

La grande diversité de formes des pièces matriçées amène à opérer les déformations des lopins selon des techniques différentes qui font appel à deux grandes catégories d’outillage dont on trouvera l’illustration en figure 6 .

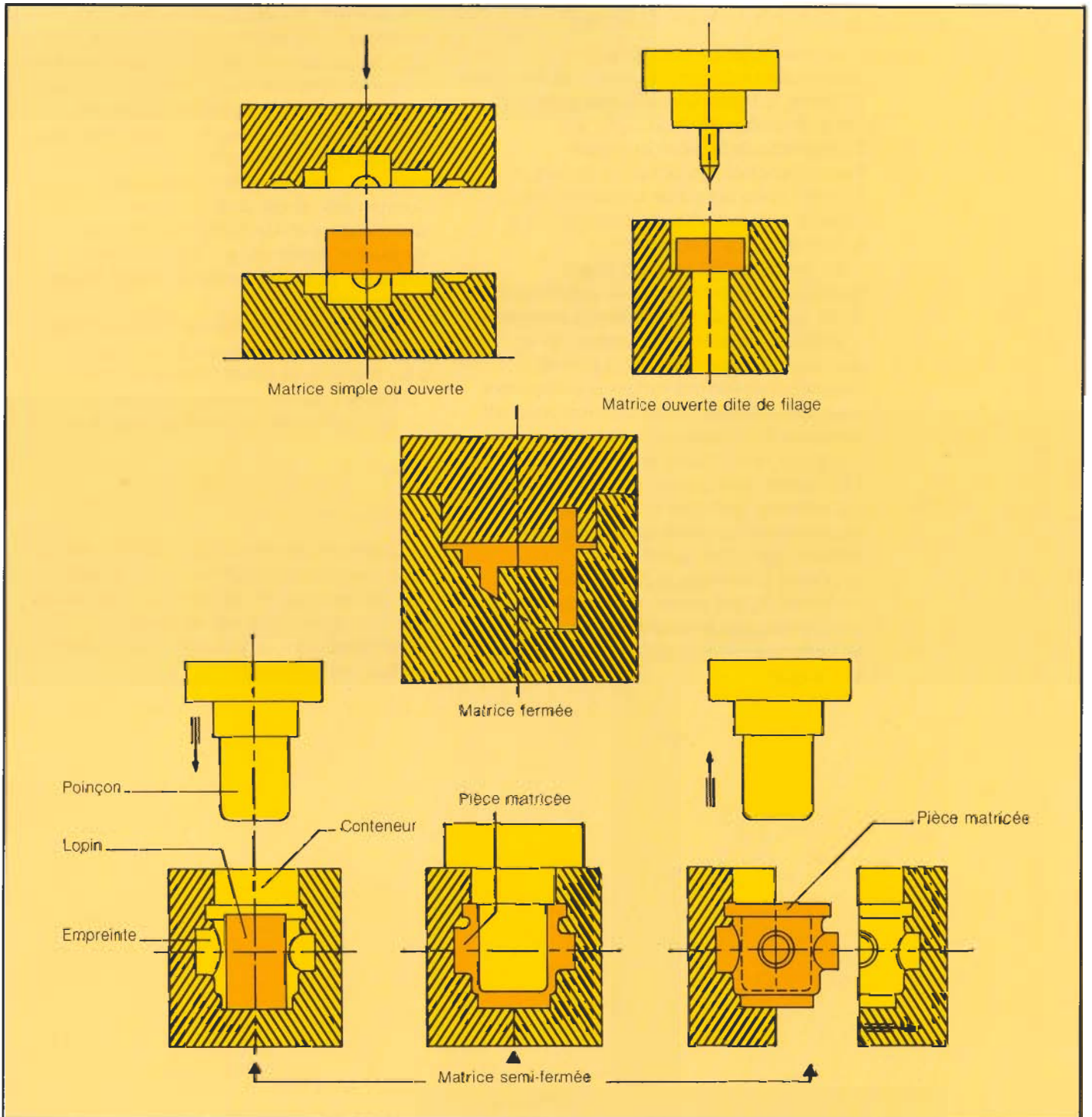


Figure 6 - *Différents types de matrices.*

2.2.1 - Les matrices simples ou ouvertes

Le matriçage se fait par simple écrasement ou compression du métal entre deux demi-coquilles dans lesquelles se trouve l'empreinte de la pièce à fabriquer. Ce cas s'applique aux pièces possédant un plan de joint permettant de les démouler. On utilise un lopin de volume supérieur à celui de la pièce ; cela oblige le métal à bien remplir toutes les parties de la matrice.

L'excédent de métal (ou bavure) s'écoule au joint des deux coquilles, où un jeu suffisant a été prévu pour permettre son dégagement.

L'épaisseur de la bavure peut varier de quelques dixièmes de millimètres suivant le type de pièce à fabriquer : elle est déterminée expérimentalement de façon à obtenir le meilleur remplissage en utilisant le minimum de métal.

La quantité de matière utilisée peut varier de 105 à 140 % de ce qui est nécessaire pour réaliser la pièce ; les contraintes exercées sur les outillages sont modérées et permettent de réaliser de grandes séries avec un minimum d'usure des matrices.

Un cas particulier de matrice ouverte est constitué par les matrices de « filage » : dans ce type d'outil de matriçage, la matrice inférieure possède, à l'instar des presses à filer, un « conteneur » et l'empreinte de la pièce.

La partie supérieure est constituée par un poinçon ou une aiguille qui s'engage dans le conteneur.

L'empreinte inférieure est souvent ouverte et laisse s'écouler librement le métal.

La quantité de matière utilisée peut varier de 102 à 110 % de ce qui est nécessaire pour réaliser la pièce.

2.2.2 - Les matrices fermées

Les cas les plus complexes amènent à utiliser des outillages, dits « matrices fermées », où le métal est comprimé sans pouvoir s'échapper.

Les deux demi-coquilles sont parfaitement juxtaposées sans dégagement : on opère ainsi pour les pièces asymétriques très évidées ou à bossages profonds. Le propre de cette technique est que l'on travaille à volume de métal juste car dans le cas contraire, il y aurait risque d'éclatement de la matrice.

Il existe pour des pièces plus compliquées des types de matrices dites semi-fermées.

L'outillage se compose dans ce cas de trois parties : deux demi-coquilles se ferment selon un plan de joint vertical ; l'une d'elles est mobile dans un mouvement de translation. En position de travail, c'est-à-dire fermées, leur partie supérieure comporte un orifice conteneur ; un poinçon au diamètre du conteneur vient refouler le métal à l'intérieur du moule en remplissant toutes les cavités. L'opération terminée, le poinçon reprend sa position primitive, une demi-coquille s'écarte et la pièce est démoulée à l'aide d'éjecteurs.

Une version simplifiée de cet outillage, appelée parfois matrice « ouvrante », consiste en deux demi-coquilles qui s'encastrent dans un montage conique d'où elles sont retirées après matriçage.

En pratique, en matrice fermée, il subsiste une légère bavure et la quantité de matière utilisée peut varier de 101 à 105 % de ce qui est nécessaire pour réaliser la pièce.

2.3 - La préparation des matrices

Les matrices sont enduites de lubrifiant qui a pour fonction essentielle de faciliter l'écoulement du métal en évitant le collage au moment du démoulage des pièces. Cette opération, faite manuellement ou par automatisme, est délicate et importante non seulement pour la durée de vie de l'outillage de matriçage, mais aussi pour la qualité des pièces fabriquées : un défaut de lubrifiant peut entraîner un « repli » de métal en surface dû à des différences locales de vitesse d'écoulement. Un excès de lubrifiant encrasse les matrices et fait apparaître sur les pièces des traces noires difficiles à éliminer; il peut entraîner des défauts de remplissage qui occasionnent des insuffisances de cotes sur les pièces.

Les matrices sont préchauffées avant matriçage car une température d'outillage trop basse fragilise la matrice, accentue le refroidissement du lopin en cours de déformation et freine l'écoulement du métal. En pratique les matrices sont préchauffées à une température de l'ordre de 300 °C. Les cadences de frappe sont telles que cette température se maintient ensuite dans l'outillage.

2.4 - Le processus de fabrication

L'opération de matriçage comprend la succession des étapes suivantes :

- Tronçonnage
- Chauffage
- Déformation à chaud
- Refroidissement
- Ebavurage
- Finition de surface
- Contrôle.

2.4.1 - Le tronçonnage.

Le tronçonnage consiste à découper le métal, approvisionné sous forme de barres rondes ou profilées, en « lopins » à l'aide d'une opération de sciage préférable au cisailage.

Cette opération simple est importante pour le bon déroulement des étapes suivantes : il est en effet indispensable, pour éviter toute dispersion de qualité des pièces, d'utiliser des lopins de poids reproductibles avec des tranches impeccables et exempts de copeaux en surface.

Pour la même raison, le tronçonnage à la scie est préférable au tronçonnage à la cisaille.

2.4.2 - Le chauffage

La bonne maîtrise de la température est un paramètre essentiel pour obtenir des pièces de qualité homogène.

Aussi, le chauffage des lopins est une opération délicate qu'il faut considérer sous trois aspects :

- Température
- Atmosphère
- Vitesse de chauffage.

• La théorie montre qu'il existe une plage assez large de température de matriçage, comprise, pour le laiton CuZn39Pb2 par exemple, entre 680 °C et 790 °C.

Dans la pratique, pour une fabrication donnée, on a intérêt à réduire cet intervalle de moitié afin d'assurer une meilleure reproductibilité des pièces.

Une fois la température déterminée (vers le bas de la fourchette pour les pièces faciles et vers le haut pour les pièces plus difficiles), il faut la respecter à ± 30 °C.

pour obtenir une fabrication homogène du point de vue dimensionnel.

Par ailleurs, il y a toujours intérêt à matriçer à la température la plus basse ce qui réduit la fatigue de l'outillage ainsi que les risques d'oxydation et de dézincification.

**Valves pour poids
lourds.**

Laiton CuZn38Pb2.

*Lopin, ébauche
matricée par filage,
pièce usinée, pièce
finie après reprise,
sertissage et coudage
à froid.*

SCHRADER S.A.
48, rue des Salins
25300 PONTARLIER



En outre, une température de matriçage modérée permet d'éviter le grossissement des grains, et de limiter ainsi, le risque de décohé-sion intergranulaire.

- De même, pour éviter l'excès d'oxydation des lopins, il convient de veiller au réglage de l'atmosphère des fours qui sont le plus souvent chauffés au gaz.

Il faut aussi éviter une atmosphère trop réductrice qui peut provoquer le phénomène de dézincification.

- Il est important enfin de réaliser le plus rapidement possible la montée en température des lopins.

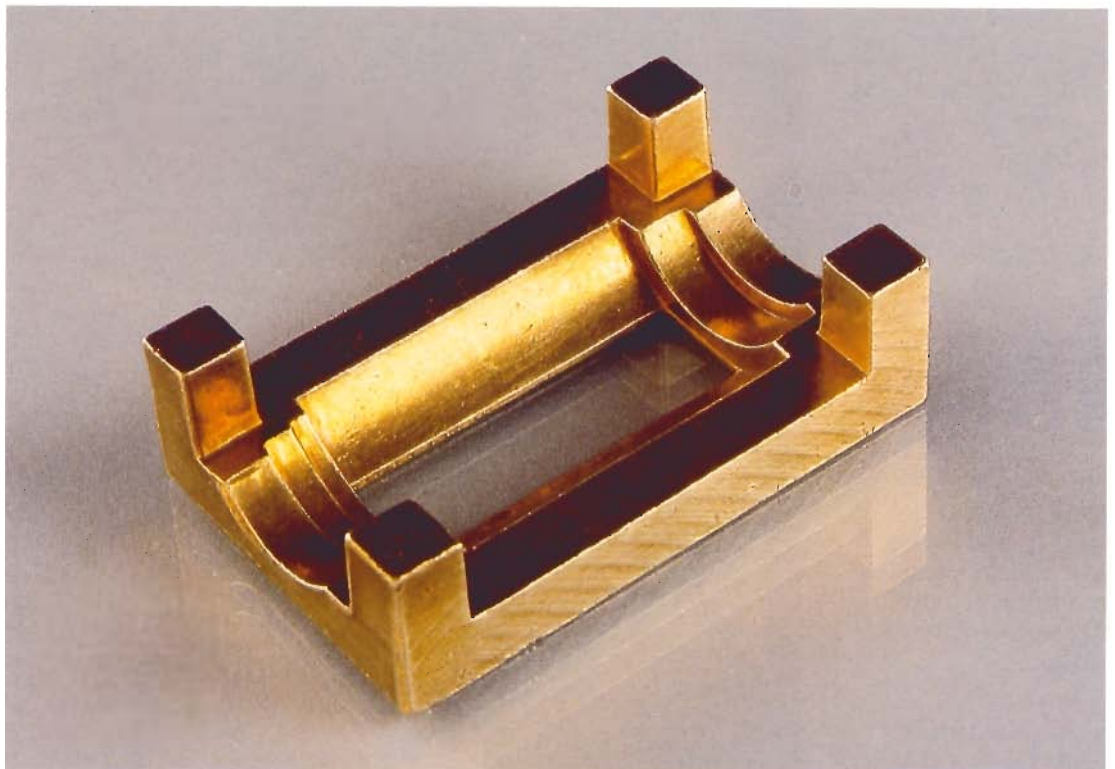
Cela limite les risques d'oxydation qui, pour une atmosphère donnée, sont proportionnels à la durée du séjour dans les fours.

De la même façon, un maintien prolongé du lopin dans le four conduirait à un grossissement exagéré du grain défavorable à l'obtention d'une bonne tenue mécanique des pièces matriçées.

2.4.3 - La déformation à chaud

La déformation à chaud constitue le matriçage proprement dit. Elle est réalisée à l'aide de presses à vilebrequin ou de presses à vis. Le laiton a l'avantage de faire appel à des efforts plus faibles que l'acier, et nécessite par conséquent, des presses de moindres puissances. Les presses à vilebrequin, plus rapides, conviennent à la frappe des pièces simples alors que les presses à vis, plus lentes et plus souples, sont utilisées pour réaliser les pièces plus complexes.

Les presses disposent d'une réserve de puissance afin de pouvoir matriçer à une température aussi basse que possible. Les presses hydrauliques sont lentes et donc peu utilisées : en effet, l'opérateur a tendance à surchauffer le métal pour compenser le refroidissement important du lopin resté trop longtemps en contact avec la matrice inférieure.



Support de tampon dateur.

Alliage CuZn39Pb2.

Matriçage (matrice ouverte) et découpage mécanique.

Entreprise :
MEGRAS
42, avenue Aubert
94300 VINCENNES

2.4.4 - Le refroidissement

En général, les conditions de refroidissement ne posent pas de problèmes particuliers.

Après matriçage, les pièces ont une température voisine de 650 °C et sont refroidies à l'air ambiant.

Il est toutefois possible, par trempe à l'eau, d'atteindre des caractéristiques mécaniques améliorées grâce à une structure riche en phase β , avec le risque, cependant, de faire apparaître des gradients de tension interne.

On trouvera en figure 7 l'illustration de l'influence du mode de refroidissement sur les caractéristiques mécaniques des pièces.

2.4.5 - L'ébavurage

L'ébavurage ou détourage est effectué à froid dans des presses à l'aide d'un outil de forme épousant exactement le profil de la pièce au contour du joint de matrice. La bavure est éjectée automatiquement et les cadences atteignent plusieurs centaines de pièces à l'heure. L'ajourage des parties évidées se fait par poinçonnage.

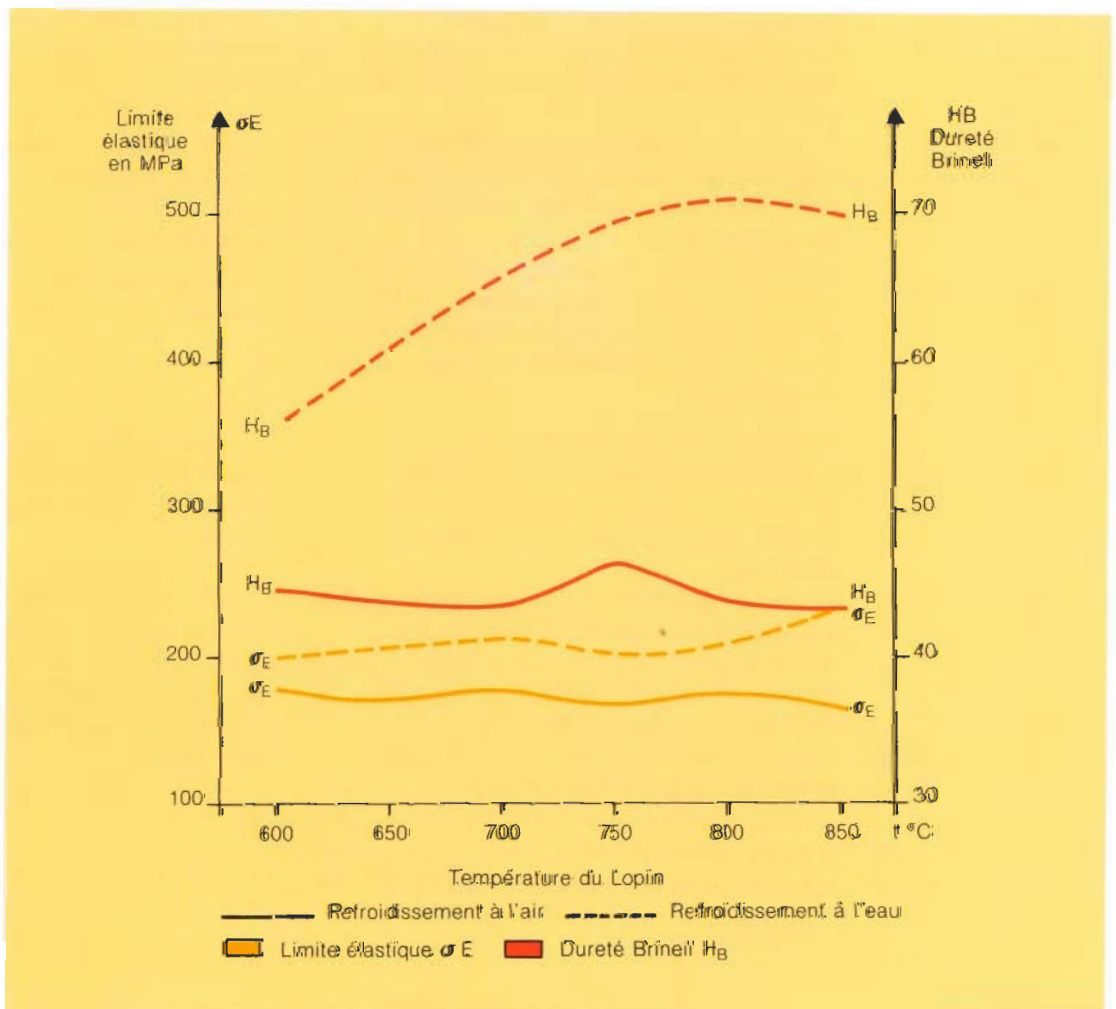


Figure 7

2.4.6 - La finition de surface

• *Décapage*

Les pièces brutes matricées et ébavurées sont généralement décapées chimiquement ou mécaniquement.

Le décapage mécanique consiste à mettre en contact les pièces matricées avec des billes en inox ou en verre sur une table vibrante ou en tonneau.

Les pièces sont ensuite lessivées, rincées puis séchées.

Le décapage chimique, appelé dérochage dans certaines industries lorsqu'il est suivi de brillantage, s'effectue généralement dans l'acide sulfurique dilué (10 à 15 % d'acide sulfurique à 66° Bé, soit $d = 1,83$, dans l'eau) à des températures ne dépassant pas 30 à 40 °C.

Le décapage peut demander plusieurs heures et nécessiter une action mécanique complémentaire (grattage, brossage, eau sous pression).

Après décapage, les pièces sont rincées soigneusement, à l'eau courante de préférence, puis séchées immédiatement par un procédé approprié (air chaud, sciure de bois, etc.).

• *Brillantage, polissage*

Certaines fabrications nécessitant un aspect de finition particulièrement soigné, sont brillantées ou polies après décapage.

Les bains de brillantage sont à base d'acides nitrique, sulfurique et chlorhydrique ; leur composition peut varier, dans certaines limites, en fonction du titre du laiton et de l'état de surface recherché.

La formule suivante peut servir de base et être adaptée aux cas d'espèces :

- Acide nitrique ($d = 1,37$) 1 litre
- Acide sulfurique ($d = 1,83$) 1 litre
- Acide chlorhydrique ($d = 1,17$) . 20 cm³

Ce type de bain est employé à température ambiante (20 °C) et agit rapidement : quelques secondes. Les pièces sont ensuite très soigneusement rincées à l'eau courante. Pour terminer, il est recommandé de neutraliser les traces d'acide par immersion rapide dans une solution basique entre deux derniers rinçages.

Le séchage est effectué à l'air pulsé ou à la sciure de bois.

• *Polissage électrochimique*

Il est possible d'abaisser la rugosité des pièces en laiton à un niveau très bas ($R_a < 0,2$ micron) par un procédé électrolytique qui consiste à tremper les pièces, portées à un potentiel anodique (+ 5 à 10 V) par rapport à une contre électrode dans le bain suivant :

- Acide orthophosphorique ($d = 1,71$) 950 cm³
- Acide sulfurique ($d = 1,83$) 50 cm³

Dans ces conditions et à environ 60 °C, la densité de courant varie de 22 à 65 A/dm².

2.4.7 - Les contrôles

Un certain nombre de contrôles sont effectués sur les pièces matricées, avant les opérations de parachèvement. Il s'agit surtout de contrôles visuels d'aspect et d'états de surface.

En plus des contrôles dimensionnels, des mesures de dureté et des essais d'allongement sont quelquefois réalisés ainsi qu'éventuellement des micrographies qui révèlent la texture et le fibrage des pièces.

2.5 - Caractéristiques des pièces obtenues par matriçage

• Tolérances

Les tolérances dimensionnelles des pièces obtenues par matriçage sont données par la norme NF E 82-201. Dans la pratique, on trouve couramment des tolérances de $\pm 2/10^e$ mm.

Elles peuvent descendre jusqu'à $\begin{matrix} + 0 \\ - 1/10^e \end{matrix}$ mm suivant la position où l'on se trouve par rapport au plan de joint.

• Plan de joint

Hormis le cas des matrices fermées, l'outillage permet à l'excédent de métal de s'écouler entre les deux demi-coquilles. L'espace correspondant ou « joint de bavure » est variable suivant la forme de la pièce et l'effort de compression nécessaire pour l'obtenir sans manque de matière.

L'épaisseur de ce joint est de l'ordre de quelques $1/10^e$ mm.

Sa largeur, de plusieurs mm, peut être variable d'un point à un autre de l'empreinte.

L'outillage est conçu de façon à absorber les excédents de métal dans une goulotte appelée dégagement de bavure.

• Etat de surface

L'état de surface d'une pièce brute de matriçage est très dépendant de l'état des matrices, du poinçon et de la lubrification d'une part, et de la qualité du métal d'autre part.

Un défaut de surface sur une matrice peut, par exemple, générer des amorces de crique ou empêcher le bon remplissage par freinage de l'écoulement du métal.

L'indice de rugosité Ra d'une pièce brute de matriçage peut atteindre 3 microns.

• Tenue mécanique et étanchéité

La bonne tenue mécanique des pièces matriçées est, avec l'étanchéité, leur caractéristique principale.

La technique du matriçage élimine le risque d'apparition au cœur du métal, de criques, retassures ou porosités qui représentent des amorces de fissuration, notamment lorsque les pièces travaillent en fatigue.

En pratique, on mesure des duretés Brinell de 90 à 120 sur les pièces matriçées en laiton.