

# La fonderie de précision

Autor(en): **Sulzer, W.H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **77 (1951)**

Heft 24

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-58170>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous es quinze jours

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président: R. Neeser, ingénieur, à Genève; Vice-président: G. Epitoux, architecte, à Lausanne; Secrétaire: J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg: MM. P. Joye, professeur; E. Lateltin, architecte — Vaud: MM. F. Chenaux, ingénieur; E. d'Okolski, architecte; A. Paris, ingénieur; Ch. Thévenaz, architecte — Genève: MM. L. Archinard, ingénieur; Cl. Grosgrin, architecte; E. Martin, architecte; V. Rochat, ingénieur — Neuchâtel: MM. J. Béguin, architecte; G. Furter, ingénieur; R. Guye, ingénieur — Valais: MM. J. Dubuis, ingénieur; D. Burgener, architecte.

Rédaction: D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration de la Société anonyme du Bulletin Technique: A. Stucky, ingénieur, président; M. Bridel; G. Epitoux, architecte; R. Neeser, ingénieur.

**Tarif des annonces**

Le millimètre (larg. 47 mm) 20 cts  
Réclames: 60 cts le mm (largeur 95 mm)  
Rabais pour annonces répétées

**Annances Suisses S.A.**



5, Rue Centrale Tél. 22 33 26  
Lausanne et succursales

**Abonnements:**  
Suisse: 1 an, 24 francs  
Etranger: 28 francs  
Pour sociétaires:  
Suisse: 1 an, 20 francs  
Etranger: 25 francs  
Pour les abonnements s'adresser à:  
**Administration**  
du « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
Case postale Riponne 21,  
Lausanne  
Compte de chèques postaux II. 5775, à Lausanne  
Prix du numéro: Fr. 1,40

**SOMMAIRE:** *La fonderie de précision*, par W. H. SULZER, ingénieur, Winterthur. — G. E. P. Société des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale: *La formation des ingénieurs*. — LES CONGRÈS: 2<sup>e</sup> Congrès de l'Union internationale des architectes. — DIVERS: *Les quarante ans du dessableur Dufour*. — NÉCROLOGIE: *Fritz Ott, ingénieur*. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — NOUVEAUTÉS, INFORMATIONS DIVERSES.

## LA FONDERIE DE PRÉCISION

par W. H. SULZER, ingénieur, Winterthur

Les procédés de fonderie impliquant l'emploi de moules en une seule pièce, avec des modèles en matière fusible, ne sont certes pas d'invention récente; les Chinois en connaissaient déjà le principe quelques milliers d'années avant notre ère. Mais ce n'est qu'au moyen âge que cet art paraît s'être établi en Europe, et plus tard, sous la Renaissance, il fut exercé avec une maîtrise remarquable par Benvenuto Cellini. Les procédés de cette époque se sont transmis à peu près intacts aux artisans de nos jours dans la fonte artistique, tandis que, plus récemment, la technique dentaire et la bijouterie ont contribué à leur perfectionnement. Ce sont donc ces trois domaines d'activité qui ont fourni à la fonderie de précision les bases de son développement actuel.

Les caractéristiques du procédé, exprimées en quelques mots, sont les suivantes (fig. 1):

A l'aide d'une matrice ou d'un moule sous pression, on confectionne un modèle pour chaque pièce à couler. En déterminant les dimensions, on doit tenir compte des variations de volume qui se produisent ensuite au moulage et à la coulée. Pour la confection du modèle, il faut prendre une substance qui fonde à la température voulue et s'écoule du moule sans y laisser de résidus, cendres, etc. Dans la pratique, c'est surtout la cire, préparée par un mélange de matières végétales et minérales, qui a donné de bons résultats. Cependant, certaines résines synthétiques, moins sujettes aux déformations, permettent de couler des pièces de dimensions beaucoup plus précises et plus uniformes.

Après avoir établi un modèle convenable, pourvu des masselottes nécessaires, il faut en faire le moule en une matière appropriée, en appliquant différents procédés énumérés plus

loin. Une fois ce moule terminé et le modèle évacué par fusion, on procède à la coulée, soit par gravitation, soit sur une machine à force centrifuge, soit sous pression, à l'aide d'un

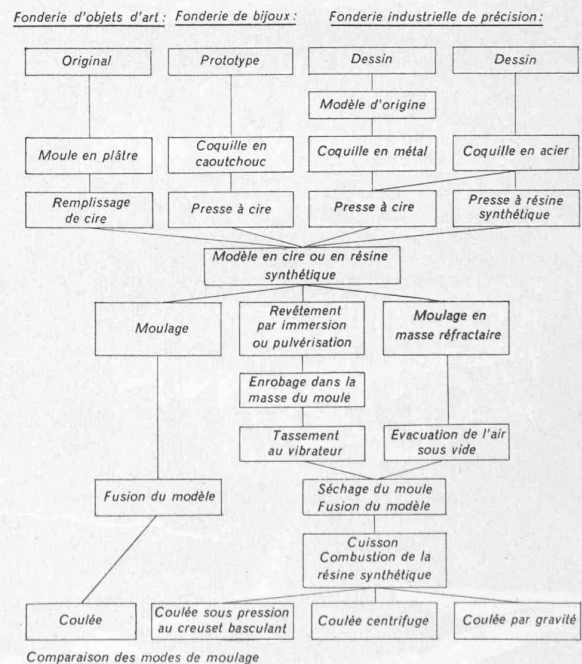


Fig. 1. — Comparaison des procédés de fonderie de précision.

creuset basculant qui ne contient que la charge nécessaire à un seul moule. Après la prise du métal, on détruit le moule pour passer ensuite aux travaux de finition usuels, tels que l'ébarbage, le nettoyage, le traitement thermique, etc.

*Confection des moules*

Les matrices destinées à la confection des modèles fusibles doivent être faites avec le plus grand soin et en une matière convenable. Si, pour la bijouterie ou les objets d'art, les matrices en caoutchouc ou en plomb suffisent, il n'en est pas de même pour la fonte de précision, dont les produits doivent faire face à la concurrence des pièces usinées. Ce sont les matrices en acier (fig. 2), faites par les mêmes méthodes que les moules pour la fonte injectée, qui conviennent le mieux et présentent de grands avantages sur les matrices en métaux moins durs.

*Fabrication des modèles*

Les modèles en résine artificielle se confectionnent à la presse hydraulique, semblable à celles qu'emploie l'industrie des matières synthétiques. Par contre, pour les modèles en cire, il faut des presses spéciales, convenant aux pressions et aux températures beaucoup plus réduites auxquelles se fait l'injection de cette matière, dont le durcissement se produit entre des limites de température fort étroites ; il faut donc maintenir rigoureusement la température la plus favorable à l'opération.

Les modèles quittent la presse, suivant le genre de matrice

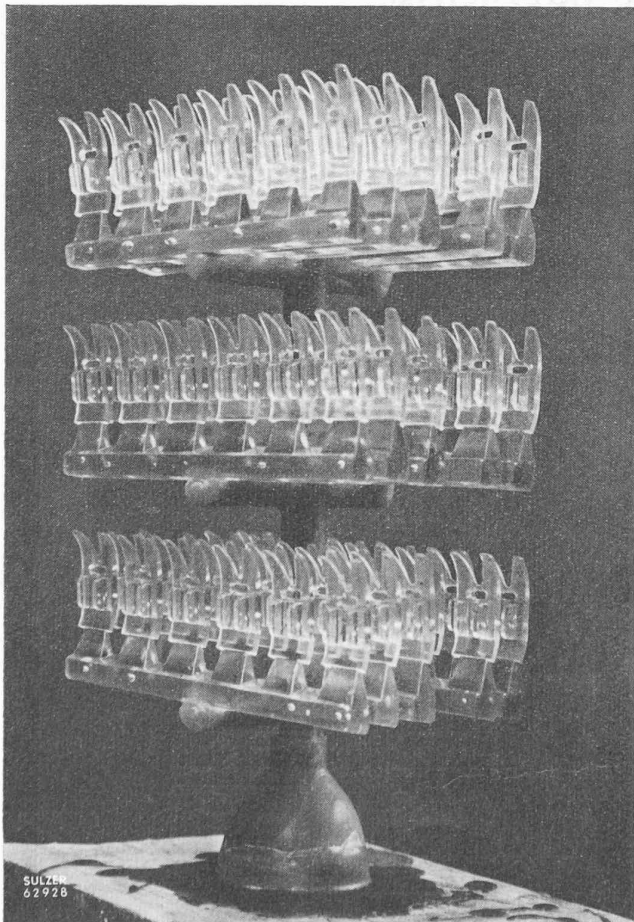


Fig. 3. — Modèles assemblés, prêts au moulage.

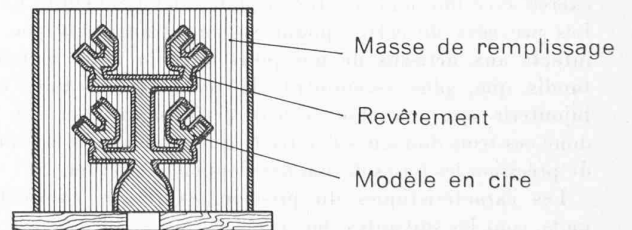


Fig. 2. — Fabrication d'une coquille en acier.

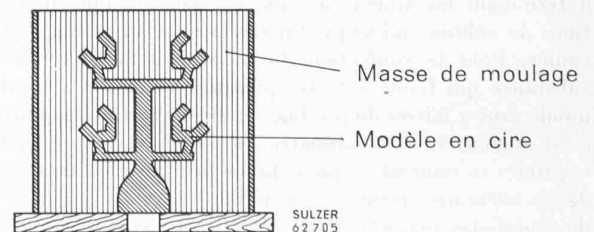
et la grandeur de la pièce, soit individuellement, soit attendant les uns aux autres, sous forme d'un râtelier. Dans les deux cas, il faut les raccorder aux masselottes nécessaires, ce qui donne à l'ensemble l'aspect d'un arbuste, constituant le modèle positif, qui sert à la préparation du moule en matière réfractaire (fig. 3). L'assemblage se fait à l'aide d'outils chauffés au gaz ou à l'électricité. Pour le raccord de pièces de cire entre elles ou de pièces de cire sur de la résine synthétique, on procède par fusion et soudage immédiat de la cire, tandis que l'assemblage de deux pièces de résine synthétique se fait à la colle. En général, les traverses de liaison et les masselottes sont déjà apportées au modèle dans la matrice même. Si ce n'est pas possible, on recourt à une matrice auxiliaire.

On confectionne parfois le modèle en deux ou trois parties assemblées après coup ; c'est surtout le cas lorsque la pièce est si compliquée qu'une seule matrice serait trop difficile à faire et trop coûteuse, ou ne pourrait même être établie sans de profondes modifications de la forme de la pièce.

Procédé par immersion :



Procédé de moulage simple :



Procédés de moulage pour la fonte de précision

Fig. 4. — Comparaison des procédés de moulage pour la fonderie de précision.

### Préparation du moule

L'étape suivante, dans la fabrication de la pièce, est la préparation du moule. On y procède d'après deux méthodes différentes (fig. 4) :

- a) le procédé par immersion,
- b) le moulage simple.

Dans le premier cas, les modèles complètement montés sont recouverts d'une mince couche de matière réfractaire, par immersion dans un mélange liquide de poudre à mouler et de substance coagulante, qui forme à la surface une couche d'environ 0,5 à 1 mm d'épaisseur. Aussitôt le modèle sorti de ce bain, on le saupoudre de sable relativement grossier, qui contribue à solidifier rapidement le revêtement et lui donne une surface extérieure rugueuse, assurant une bonne prise avec la masse dont on va l'entourer. Le revêtement réfractaire une fois sec, on place les modèles, masselotte vers le bas, sur une plaque perforée, laissant libre passage à la substance du modèle, lors de sa fusion. Chaque modèle est alors coiffé d'un boîtier cylindrique en tôle dont le joint inférieur avec la plaque de base se ferme à la cire, puis le récipient formé de la sorte est rempli de la masse à mouler, mélange relativement grossier d'une pâte assez épaisse et d'une substance coagulante, qu'on tasse sur une table vibrante. Le revêtement fin joue en quelque sorte le rôle du sable qui, dans un moule ordinaire, doit assurer la finesse de la surface de la pièce coulée, tandis que la masse grossière du moule est destinée à soutenir le revêtement réfractaire après la fusion du modèle. Au lieu d'être déposé par immersion, le revêtement peut aussi être appliqué par pulvérisation.

Dans le procédé du *moulage simple*, par contre, on renonce au revêtement par immersion ou par pulvérisation. Au lieu de la masse de remplissage relativement grossière, on utilise une masse réfractaire à grains plus fins; cette granulation doit, d'une part, être assez fine pour donner à la fonte une surface aussi lisse que désiré, et d'autre part, la masse doit présenter la solidité nécessaire pour résister aux efforts dus à la cuisson et à la coulée. La masse doit aussi être assez fluide pour épouser tous les contours et remplir toutes les cavités du modèle. Elle contient toujours de l'air, qui s'y mélange pendant le malaxage et qu'il faut évacuer sous une cloche à vide.

Quel que soit le procédé de moulage, les substances coagulantes jouent un rôle essentiel. Il ne faut pas seulement qu'elles aient les mêmes propriétés réfractaires que la masse du moule, mais elles doivent aussi être faciles à préparer et surtout ne pas trop élever le coût du procédé. Pour la fabrication, il n'est pas indifférent que le coagulant sèche et durcisse la masse en quelques minutes ou en quelques heures. Son action doit donner au moule une résistance suffisante pour affronter les efforts intervenant par exemple au cours du séchage, de la cuisson, de la fusion du modèle, ou de la coulée centrifuge.

Les conditions auxquelles doit satisfaire la masse du moule, quant à ses qualités réfractaires aux hautes températures, dépendent de la nature du métal à couler. Pour certains alliages non ferreux, à fusion facile, un mélange de plâtre et de quartz, par exemple, peut suffire, tandis que pour les aciers et autres alliages spéciaux, à point de fusion élevé, on ne peut utiliser que les matières les plus pures, qui ne risquent pas de se combiner avec certains composants de l'alliage pour former des scories fusibles à basse température.

Contrairement à la pratique usuelle du moulage ordinaire au sable, dans la fonderie de précision, on coule généralement dans des moules très chauds, portés au préalable à des températures variant de 700 à 1000° C. Cela complique singulièrement le calcul du retrait et pose des problèmes nouveaux sur

la liaison réciproque des pièces. Plus on élève la température du moule et plus — par dilatation des matières qui le composent — les vides s'agrandissent, ce qui se répercute sur les dimensions de la pièce. En comparaison avec les tolérances à observer pour la fonte de précision, ces déformations peuvent devenir très sensibles, si la cuisson du moule ne se fait pas rigoureusement à la température optimum. Aussi faut-il connaître le coefficient de dilatation linéaire de la matière dont le moule est confectionné.

Comme cette matière est calorifuge, c'est-à-dire que, par unité de surface, elle ne laisse passer qu'un flux de chaleur limité, le métal fondu peut, à son arrivée, provoquer en certains points des surchauffes locales, susceptibles de favoriser la formation de soufflures. Il importe de réduire ce danger au minimum, en cherchant à réaliser une prise progressive et régulière, ce qu'on obtient en disposant convenablement les pièces, les traverses de liaison et les masselottes. Il est donc essentiel de posséder l'art de l'assemblage des modèles, qui s'acquiert au cours d'une longue pratique.

### Le séchage et la cuisson des moules

Les conditions de l'exploitation obligent le plus souvent à répartir le séchage et la cuisson du moule sur deux phases distinctes, bien qu'en principe il soit possible de soumettre le moule à toute la gamme des températures, jusqu'à la plus haute, dans un four unique.

Dans la première phase, le séchage, on chauffe les moules dans un four électrique, au-delà du point de fusion de la cire à modèle, de sorte que celle-ci fonde et s'écoule. Il est clair que, pour cette opération, le moule doit présenter déjà une résistance à la déformation suffisante pour que ses cavités conservent rigoureusement leur forme. La plus grande partie de la cire fondue est récupérée, et, après épuration et traitement convenable, elle peut servir à la confection de nouveaux modèles. Le séchage, qui élimine à peu près 60 % de l'humidité du moule, doit être surveillé avec le plus grand soin. Aux basses températures, les matières qui constituent le modèle ont des coefficients de dilatation sensiblement supérieurs à celui de la masse du moule qui les entoure. Mais comme, au début du séchage, le moule présente encore une certaine élasticité et peut donc céder aux déformations du modèle, il faut régler soigneusement la température et faire en sorte que le chauffage augmente progressivement et sans variations brusques. Malgré cela, on ne peut éviter complètement, à l'intérieur d'un même moule, certains écarts de température susceptibles d'entraîner des différences systématiques dans les dimensions des pièces, par exemple selon la disposition des pièces dans le boîtier du moule.

Pour la seconde phase, celle de la cuisson, le moule est porté, dans un four réglable, chauffé à l'électricité ou au gaz, à une température de plus en plus élevée, de façon qu'à son tour la résine synthétique commence à fondre et brûle avec l'oxygène que contient le four. La durée et la température de la cuisson doivent être réglées de manière qu'il ne reste aucun résidu combustible dans le moule. Selon la conformation de la pièce, la matière du moule et la nature de l'alliage à couler, la température finale peut s'élever jusqu'à 1000° C. Dès qu'on l'a atteinte, on sort le moule du four, et l'on procède immédiatement à la coulée.

### La fusion du métal et la coulée

Les quantités de métal traitées dans la fonderie de précision ne représentent qu'une fraction minime de celles qu'absorbe la production ordinaire de pièces moulées ou forgées. D'autre part, les alliages entrant en jeu doivent répondre aujourd'hui

à des exigences excessivement élevées. C'est donc à des conditions toutes nouvelles qu'il a fallu adapter aussi bien les dispositifs servant à la fusion et à la coulée, que toute la technique métallurgique du procédé. Le four basculant mis au point il y a déjà quelque temps, à chauffage indirect par l'arc électrique, est destiné uniquement à la fusion d'alliages déjà préparés ailleurs. On n'utilise pratiquement que des riblons laminés ou coulés, de dimensions déterminées ; la capacité est de 2 à 5 kg environ, et le poids introduit par coulée suffit au remplissage d'un seul moule. Dès que la charge a atteint la température connue par expérience comme la plus favorable à une bonne coulée, on applique le moule sur l'orifice de remplissage du four, garni d'un joint d'amiante. On fait basculer l'ensemble de 180°, et tout le contenu du creuset se déverse dans l'entonnoir du moule, maintenu contre l'ouverture par une vis de serrage. En introduisant de l'air comprimé, on peut élever à ce moment la pression intérieure du four, suffisamment pour assurer le remplissage complet de toutes les cavités du moule.

Pour la fusion de charges plus importantes, on emploie avantagement le four à tambour, chauffé par barreau de graphite. Pour assurer une fusion uniforme, le tambour fait autour de son axe un mouvement oscillatoire d'amplitude réglable. La chaleur émanant du barreau de graphite, à la température d'environ 2000° C, se transmet par rayonnement au contenu du four.

Le four d'induction à moyenne ou haute fréquence et sans noyau (fig. 5) est d'un modèle qui, dans la fonderie de précision, trouve une utilisation particulièrement variée. Son mode de fonctionnement est comparable à celui d'un transformateur où l'enroulement primaire serait représenté par la bobine du four, tandis que le métal à fondre tiendrait la place de l'enroulement secondaire. Un courant alternatif à haute ou moyenne fréquence (la fréquence est généralement déterminée par les dimensions du four) parcourt le cuivre de la bobine, qui est creuse, et refroidie par circulation d'eau ; il engendre, dans l'espace circonscrit par l'enroulement, un champ électro-magnétique dans lequel, sous l'effet des courants induits, tout conducteur électrique — la charge du four, en particulier — s'échauffe jusqu'à la température de fusion ou au-delà.

Pour le revêtement du four, on a obtenu de bons résultats aussi bien avec des matières réfractaires basiques (magnésie ou spinelle de magnésie et d'aluminium,  $MgO Al_2O_3$ , fondues

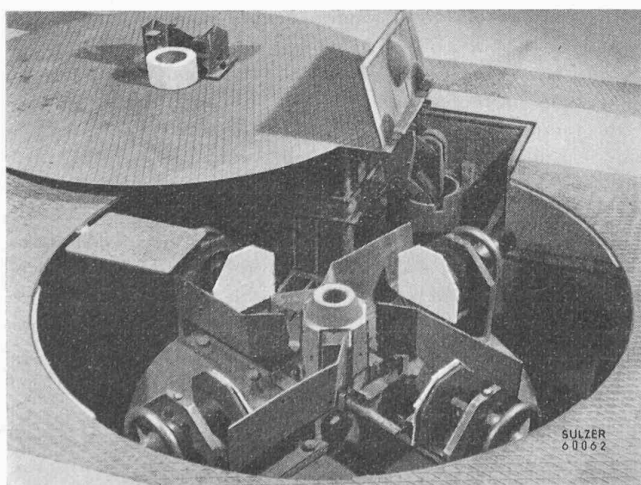


Fig. 6. — Machine de coulée centrifuge.

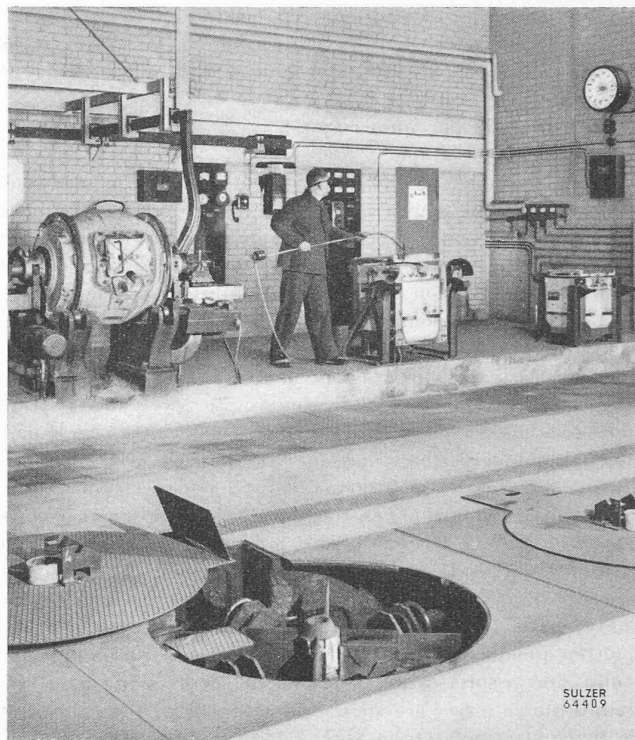


Fig. 5. — Coup d'œil dans la fonderie. Au premier plan, découverte, une machine à coulée centrifuge ; au fond, à gauche, un four à tambour chauffé par barreau de graphite ; à droite, deux fours à induction. Les températures des charges en fusion, mesurées par un couple thermoélectrique, sont lues directement au cadran visible au haut de la figure, à droite.

à l'électricité) qu'avec des revêtements acides, comme la silice ou le silicate de zirconium.

L'emploi d'un four basculant dispense de recourir à des dispositifs spéciaux pour la coulée. Les fours dont la capacité dépasse celle d'un seul moule, servent à la coulée par gravité, en tant que les moules s'y prêtent. Si la coulée nécessite une pression plus élevée, on fixe les moules sur une machine à coulée centrifuge, composée d'une table rotative sur laquelle on peut placer jusqu'à quatre moules en disposition radiale (fig. 6). Le métal liquide est déversé dans une ouverture centrale, d'où la force centrifuge le chasse dans les moules ; suivant la vitesse de rotation, on réalise des accélérations multiples de celle de la pesanteur. Le transport du métal en fusion du four à la machine rotative se fait en poches chauffées, dont le contenu doit correspondre exactement au remplissage des moules disposés sur la machine. La perte de température du métal liquide, depuis la sortie du four jusqu'à la coulée dans la machine, impose une certaine surchauffe de la charge, dont la température est en général supérieure aux valeurs usuelles pour l'acier coulé.

Le refroidissement du métal dans les moules est soumis aux mêmes lois sur la prise du métal liquide, que dans les méthodes de fonderie déjà connues. Les dimensions des événements et des masselottes, comme des traverses de liaison, sont déterminées suivant la pression de coulée de chaque procédé (centrifuge, par basculement, statique).

Les propriétés des métaux coulés sont influencées, dans des limites bien définies, par les conditions du refroidissement. Lorsque la pièce coulée se refroidit dans le moule encore chaud, comme c'est le cas pour la fonte de précision, les vitesses de refroidissement sont minimales comparées à celles

de la fonte ordinaire, ce qui a un effet notable sur la cristallisation primaire, spécialement dans les alliages qui, d'eux-mêmes, tendent à une forte croissance des cristaux. On peut exercer quelque influence sur la formation des cristaux primaires, par variation de la température des moules.

*Ebarbage et contrôle*

Une fois les moules refroidis jusqu'à la température ambiante, le démoulage se fait au moyen d'un outillage convenable, comme par exemple des marteaux pneumatiques, etc., après quoi l'ébarbage et la séparation des diverses pièces se font par les moyens connus : jet de sable, scies circulaires ou à ruban (fig. 8). Comme les pièces forgées ou laminées, les objets en fonte de précision doivent être soumis à un traitement thermique approprié, pour atteindre leurs propriétés optima et devenir comparables aux objets matricés à chaud. A côté des procédés courants, la trempe et le revenu, on peut aussi opérer par méthodes purement isothermiques, comme dans les traitements dits « Austempering » ou « Martempering », etc. Ces derniers procédés présentent pour la fonte de précision d'appréciables avantages ; ils écartent sensiblement le danger de déformations thermiques et de tensions internes, et élèvent les chiffres de résistance de la matière.

Comparée à celle de la fonte, la résistance de la matière façonnée à chaud, par forgeage ou à la presse, est en général plus élevée lors de l'allongement de l'éprouvette et moins élevée à son rétrécissement. La résistance de la fonte de précision, par contre, est pratiquement indépendante du sens dans lequel se fait l'essai. Par le choix de bonnes matières premières et par l'emploi de dispositifs convenables pour la fusion, la coulée et le traitement thermique, et enfin par une connaissance approfondie de la technique métallurgique, on arrive, pour la fonte de précision, aux chiffres de résistance fixés comme normes pour les épreuves longitudinales de matériel forgé.

Les chiffres de résilience de la fonte de précision se placent en général entre les valeurs données par les éprouvettes longitudinales et transversales des matériaux matricés à chaud.

Nous donnons ci-après, à titre d'exemple, les chiffres de résistance mécanique obtenus avec un acier allié et traité thermiquement, d'une part, et avec un acier ordinaire au carbone, d'autre part.

<p>1. Acier au chrome-molybdène pour traitement thermique, correspondant à VCM<sub>0</sub> 140 des normes DIN</p>	<p>Limite d'élasticité Résistance à la traction ..... Contraction ..... Allongement .... Résilience .....</p>	<p>100,4 kg/mm<sup>2</sup> 114,3 kg/mm<sup>2</sup> 41,8 % 10,5 % 11,3 kgm/cm<sup>2</sup></p>
---	---	--

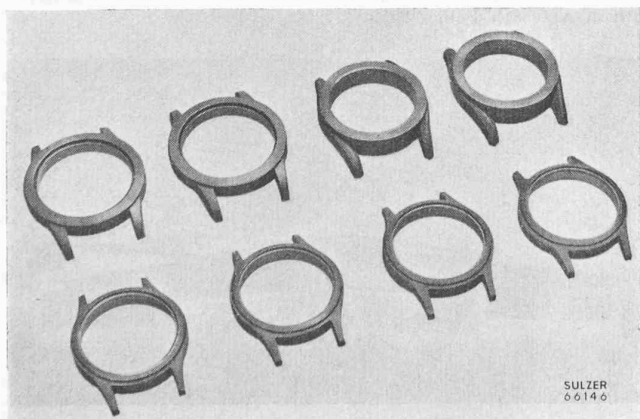


Fig. 7. — Boîtes de montres diverses en acier inoxydable.

<p>2. Acier au carbone non allié, correspondant au St. 16.61 des normes DIN</p>	<p>Limite d'élasticité Résistance à la traction ..... Contraction ..... Allongement .... Résilience .....</p>	<p>39,8 kg/mm<sup>2</sup> 58,4 kg/mm<sup>2</sup> 66,9 % 28 % 12,8 kgm/cm<sup>2</sup></p>
---	---	--



Fig. 8. — Coup d'œil dans l'atelier d'ébarbage et de nettoyage.

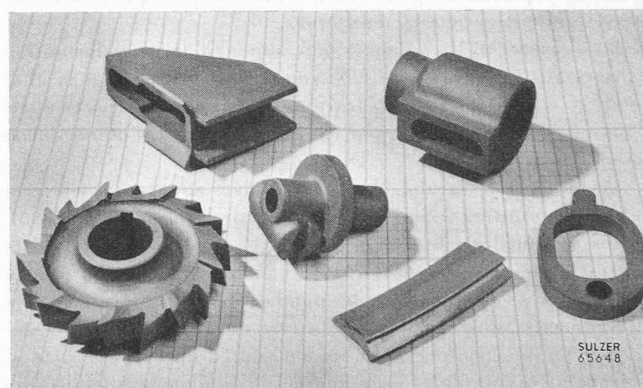


Fig. 9. — Quelques produits typiques de la fonderie de précision.

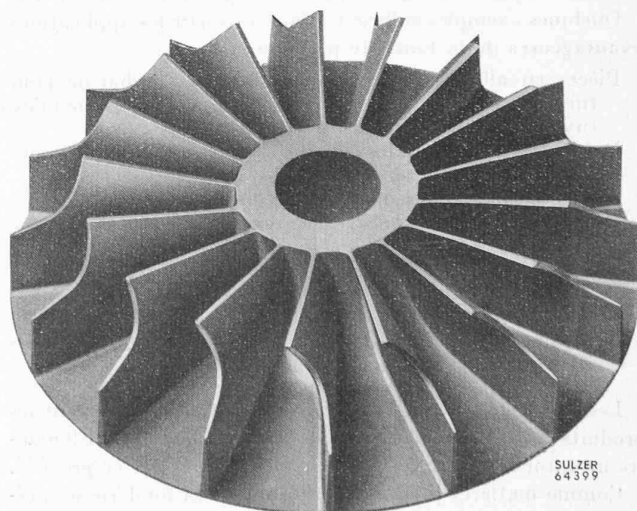


Fig. 10. — Rotor de turbine avec aubes coulées à la fonderie de précision.

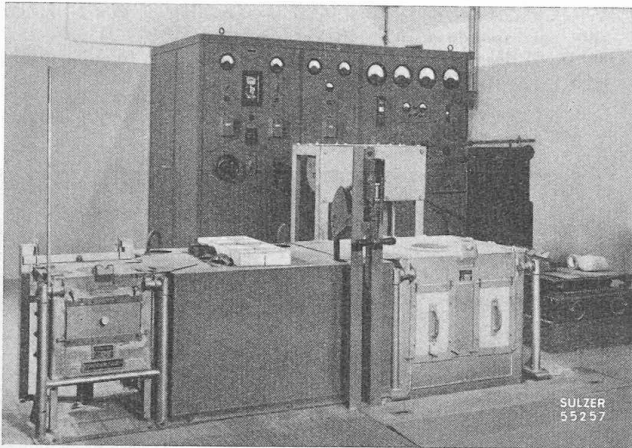


Fig. 11. — Fours à induction pour essais de fusion, au laboratoire de métallurgie.

Avec des aciers propres à une cémentation normale et coulés en pièces de précision, on obtient une dureté Rockwell de 60 à 63 Rc.

Les nouveaux procédés de traitement thermique exigent une bonne connaissance des phénomènes de transformation de la texture (diagramme TTT). Si elles ne sont pas encore connues, les courbes du refroidissement continu doivent être établies séparément pour chaque matériel, ce qui impose de vastes investigations scientifiques.

Les aciers et les alliages non sujets à la transformation (aciers austénitiques au Cr-Ni, matériaux résistant à la chaleur, etc.) subissent un traitement thermique particulier, suivant leur destination, par exemple un recuit d'homogénéisation, un revenu, etc.

Avant leur livraison, les pièces coulées sont soumises à un examen minutieux. Suivant la nature de la pièce et les conditions auxquelles elle doit répondre, ce contrôle comprend la vérification des dimensions, l'examen radiographique, la recherche de fissures par la poudre magnétique ou par la fluorescence, une épreuve de dureté, etc.

Les pièces en fonte de précision sont d'un emploi particulièrement favorable et économique, lorsqu'elles sont faites en une matière inapte au forgeage ou à l'usinage. En outre, elles sont souvent moins coûteuses que des pièces fabriquées précédemment par l'usinage de matériel forgé, laminé ou matricé.

Quelques exemples suffiront à faire ressortir les applications avantageuses de la fonte de précision :

Pièces en alliages de haute résistance à la chaleur pour turbines à gaz et à vapeur, telles que : aubes mobiles, tuyères, disques, pièces de conduites, etc.

Robinetterie inoxydable et réfractaire aux acides, pour l'industrie chimique.

Boîtes de montres en métal inoxydable (fig. 7).

Pièces de haute résistance à l'usure, pour machines diverses, comme les tuyères de machines à sabler.

Outils divers, fraises, forets, alésoirs en acier rapide.

Pièces mécaniques dont la plus grande partie de l'usinage devient superflue, comme les organes de machines à coudre ou de machines textiles, pièces pour appareils divers, armes, machines-outils, etc.

Les pièces de machines représentées par la figure 8 sont les produits typiques de la fonderie de précision, et la figure 9 montre un rotor de turbine pourvu d'aubes coulées par ce procédé.

Comme matières premières se prêtant à la fonderie de précision, on peut considérer tout métal ou alliage susceptible d'être coulé, soit — outre la fonte et les alliages non ferreux,

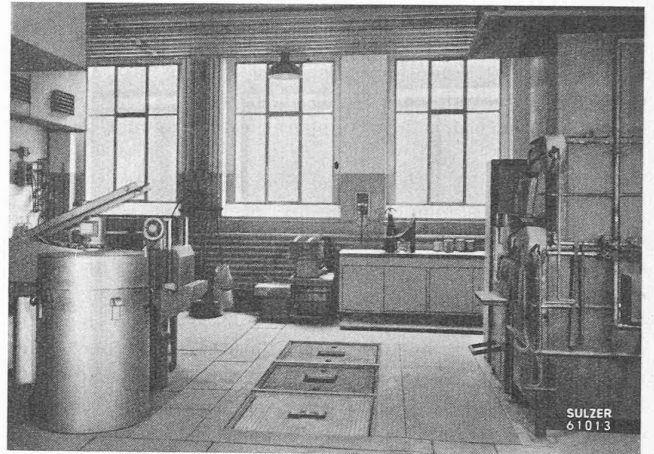


Fig. 12. — Fours et baigns de trempe en fosse pour traitements thermiques.

dans leur composition normale — toutes les qualités courantes d'acier coulé, les aciers réfractaires aux hautes températures ou faiblement alliés, les aciers de cémentation ou aptes à un traitement thermique, de même que les alliages spéciaux résistant à la chaleur ou aux corrosions.

La précision des pièces coulées atteint, selon les dimensions, jusqu'à  $\pm 0,1$  mm (contrôlé à la jauge), ce qui supprime la nécessité d'une grande partie de l'usinage. La surface des pièces est rendue excessivement fine par l'emploi de moules en matière de préparation spéciale : le degré de rugosité moyenne atteint  $RMS = 60$  à  $100 \mu''$ , ce qui correspond à  $0,0015$  à  $0,0025$  mm.

Par sa nature même et par la nécessité d'établir des matrices relativement coûteuses, la fonderie de précision est un procédé qui s'applique essentiellement à la fabrication en grandes séries, sujette aux mêmes considérations que la fonderie par injection. Toutefois, une évolution actuellement en cours tend à permettre la coulée de certaines pièces isolées, comme des matrices de forge ou des outils divers, sans nécessiter de matrices d'acier coûteuses pour la confection des modèles. Il ne faut d'ailleurs pas oublier que les procédés de la fonderie de précision n'en sont encore qu'au début d'une évolution qui leur ouvrira sans aucun doute, dans un proche avenir, de nouveaux champs d'application intéressants.

#### BIBLIOGRAPHIE

- E. L. CADY : *Precision Investment Castings*. Reinhold Publishing Corporation, 330 West 42nd St., New York 18, U. S. A.  
 JULES W. GLASER : *Refractory Molds for Precision Castings*. Iron Age, 8th Febr., 1945.



Fig. 13. — Vue de la fonderie de précision de la Maison Sulzer Frères, Société Anonyme, Winterthur.