

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 85 (1959)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Équipements de production  
**Autor:** Eisermann, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64117>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION<sup>1</sup>

par F. EISERMANN, Dr ès sciences techniques

Après avoir rappelé les raisons des transformations, quelques aspects de l'étude générale du projet, le programme de production déterminant la disposition d'ensemble, les exigences posées par la normalisation des châssis de moulage et des plaques-modèles, le plan général de la nouvelle fonderie, l'auteur traite de quelques innovations caractéristiques en ces termes :

## Procédés de moulage

Il y a une cinquantaine d'années que l'industrie de la fonderie a commencé à utiliser les mouleuses pneumatiques à secousses pour tasser le sable dans les châssis, et cet effet fut plus tard complété par une compression du moule. Pour le moulage de grosses pièces, il fallait jusqu'à maintenant amener le sable à la main et le damer péniblement au marteau pneumatique. Il y a pourtant plus de trente ans que certaines fonderies, aux Etats-Unis d'Amérique, ont commencé à employer la machine à projeter le sable, dite « sandslinger » ; c'est à l'heure actuelle le moyen le plus avantageux pour tasser le sable, projeté dans le moule par la force centrifuge.

Le sable arrive par un bras mobile articulé, avec transporteur à ruban, à une roue à palettes qui, entraînée par moteur électrique, peut projeter jusqu'à 0,01 m<sup>3</sup> de sable par seconde à la vitesse d'environ 50 m/s.

Ce n'est qu'assez récemment que les installations de ce genre ont pu s'introduire en Europe, car elles demandent une grande quantité de sable soigneusement préparé. Les installations de préparation nécessaires, efficaces et de haute capacité, n'existent ici que depuis peu de temps ; c'est précisément le cas dans la nouvelle fonderie Sulzer, où cinq machines à projeter le sable ont une capacité totale de 100 000 m<sup>3</sup> par an (Fig. 9).

L'application du sandslinger à la préparation des moules est un avantage évident en supprimant le damage manuel, tout en assurant un moulage plus compact et plus régulier et en déchargeant l'ouvrier de tout travail corporel pénible. Un travail de ce genre, qui consistait autrefois à éliminer l'excès de sable sur le moule, est fait, dans deux travées de moulage mécanisées, par des râcleurs automatiques suivant le sandslinger.

## Préparation du matériel de moulage

L'installation de préparation du sable, haute de 22 m (Fig. 10) et intercalée à l'extrémité des halles, entre le moulage et le noyautage, peut traiter environ 160 000 t de sable à mouler et 12 000 t de sable à noyaux par an, à un débit maximum de 190 t/h.

Elle fournit le sable en diverses qualités, soit :

- pour moulage sec d'acier ;
- pour moulage au vert d'acier ;
- pour noyautage ;
- pour moulage sec de la fonte grise ;
- pour moulage au vert de la fonte grise.

Cette installation de traitement pour le matériel de moulage comprend aussi un séchoir à sable et un appareillage à récupérer le quartz, débitant chacun jusqu'à 10 t par heure. Le dégagement de poussière est absorbé par un système d'aspiration intense, et les organes transporteurs sont, partout où c'est possible, enfermés dans des carters.

<sup>1</sup> Extrait et adaptation à la publication en langue française d'un article paru en langue allemande dans la « Neuen Zürcher Zeitung » n° 3810-3814.

## Préparation du sable de moulage

La préparation des sables pour fonte grise et acier coulé porte sur des sables à mouler, soit entièrement ou semi-synthétiques, soit à liant d'argile.

Les diverses matières nécessaires à la préparation des mélanges terminés — sables usagés et frais, liants et matières complémentaires — arrivent au mélangeur par les étapes suivantes :

**Sable usagé** : Le sable tombant des démouleuses est amené par une trémie sur un transporteur à secousses, où un premier séparateur magnétique le débarrasse des parties métalliques.

Il passe de là sur les transporteurs à ruban souterrains, parallèles à la travée de moulage et de construction entièrement fermée, avec intense aspiration de poussière. Augmenté éventuellement des chutes tombant sous les postes de moulage, le sable usagé passe, par un tambour de centrifugation à refroidissement et séparateur des parties métalliques, dans un élévateur à godets qui l'amène aux silos ; débarrassé pour la troisième fois des particules métalliques qu'il pourrait encore contenir, il est déversé par un tamis vibratoire dans la trémie du sable usagé.

**Sable frais** : Les sables frais, à teneur en argile naturel ou exempts d'argile, suivant leur destination, sont amenés secs et refroidis, par un transporteur à ruban principal, du séchoir central jusqu'à la trémie à sable frais.

**Liants et produits complémentaires** : En dernière phase de construction, il est prévu d'appliquer le transport pneumatique pour desservir les silos de liants et produits complémentaires pulvérulents et de mettre largement à contribution le transport moderne par récipients fermés.

**Opérations du mélange** : Les composants du mélange arrivent soit par des balances automatiques, soit par des répartisseurs à cellules rotatives, au mélangeur système Speed-Mullor où le sable est amené à son état définitif par dosage automatique de l'eau ; des roues horizontales produisent un intense effet de mélange et de pétrissage, tandis que la rapide rotation des palettes, à une vitesse périphérique de 7,5 m/s, projette le sable en hauteur contre les parois.

Par d'autres élévateurs à godets et transporteurs à ruban, les mélanges de sable sont emmagasinés dans les silos des postes de moulage après traitement complémentaire, suivant leur destination, dans des tambours centrifugeurs. Toutes ces opérations commandées automatiquement par une centrale électronique, sont signalées sur un tableau lumineux.

Pour le dosage de l'eau d'appoint nécessaire, un détecteur hygrométrique mesure, en compensant automatiquement les variations de température, le degré d'humidité du sable usagé, pour doser automatiquement la quantité d'eau nécessaire à maintenir le sable fini à l'état voulu. Le sable arrive au poste de moulage avec une tolérance de  $\pm 0,2\%$  dans le degré d'humidité.

Suivant la destination du sable terminé, les mélangeurs Speed-Mullor sont complétés par un organe réfrigérant.

## Préparation du sable à noyaux

Tous les mélanges de sable à noyaux sont préparés dans une installation de traitement spéciale, disposée entre les

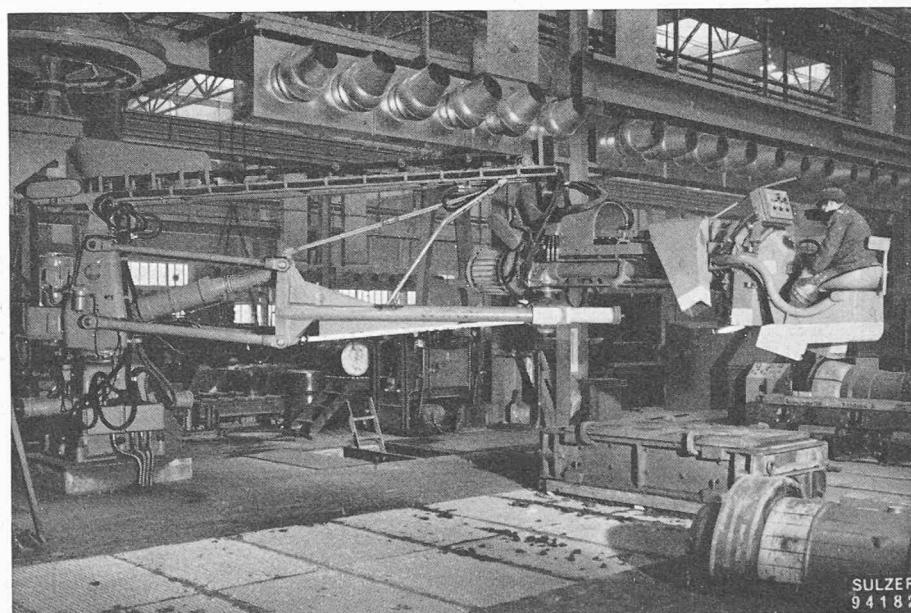


Fig. 9. — Sandslinger stationnaire dans le moulage des pièces moyennes.

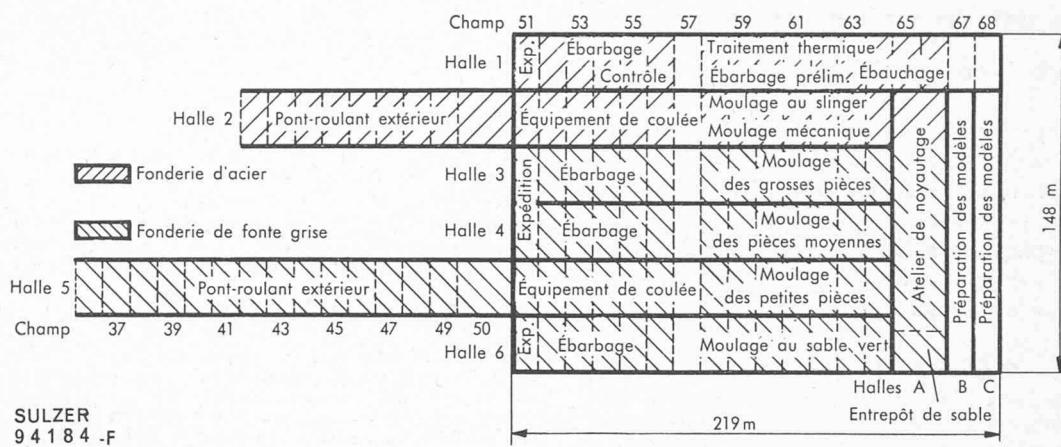


Fig. 8. — Plan de la nouvelle fonderie, avec destination des locaux.

deux batteries de préparation pour le sable de moulage. Les produits nécessaires à la préparation de ces mélanges sont amenés dans les trémies surmontant le plancher des mélangeurs, soit par le transporteur à ruban principal, soit pour les produits pulvérulents, par voie pneumatique. Au stade d'équipement définitif, les produits liquides seront amenés directement aux mélangeurs par des pompes à haute pression. L'équipement comprend, outre deux mélangeurs Simpson, un mélangeur à argile et deux ou trois machines plus petites pour les sables à noyaux faciles à traiter. Les divers composants sont répartis dans les mélangeurs par des bascules alimentées par des transporteurs à vitesse réglable. L'appoint d'eau éventuellement nécessaire est contrôlé par des compteurs.

#### Récupération du quartz

En fonderie, la qualité des pièces coulées et la quantité des rebuts sont déterminées dans une large mesure par la granulation des sables. Les fluctuations dans les qualités des diverses fournitures sont éliminées par une *installation de flottation Rhex*; ce procédé, qui s'est introduit tout récemment dans l'industrie de la fonderie, permet de produire des sables de toute qualité et de reclasser à volonté les arrivages. Un avantage économique particulier est la possibilité de régénérer le sable usagé, dont on peut traiter jusqu'à 10 tonnes par heure, dans les proportions suivantes :

5 % au-dessus de 1,3 mm (utilisable comme sable de remplissage);  
50 % en sable de moulage grossier, de 0,33 jusqu'à 1,35 mm;  
35 % en sable de moulage fin, de 0,1 à 0,35 mm;  
10 % en déchets poussiéreux, de 0 à 0,1 mm.

Cette nouvelle installation est perfectionnée, par rapport à d'autres déjà existantes, par le nettoyage spécial des

grains et leur classement dans un dispositif de flottation Phalanx. La granulation des sables et les moyens de la varier à volonté font l'objet d'études intéressantes dans le laboratoire spécial affecté à ces recherches.

#### Séchoir à sable frais

La préparation du sable est précédée d'un séchoir pour le sable frais, tel qu'il arrive des fournisseurs. Cet appareillage est destiné à rendre le sable friable et à en éliminer les grumeaux, puis après séchage à le refroidir jusqu'à la température ambiante.

Outre quelques appareils pour le brassage du sable, cette installation comprend essentiellement un tambour sécheur chauffé au mazout et un tambour de refroidissement à soufflage d'air, fonctionnant tous deux à contre-courant.

Grâce à cette nouvelle installation de séchage, celles de préparation ne reçoivent que du sable tamisé et bien sec. Certaines mesures de sûreté empêchent le mélange des sortes de sable en régime transitoire.

L'humidité résiduelle du sable sec est enregistrée automatiquement par un détecteur hygrométrique. Les silos affectés à l'installation de séchage peuvent emmagasiner au moins la consommation d'un hiver, pour parer à toute difficulté éventuelle dans les livraisons.

#### Le procédé de séchage superficiel

On fait en fonderie une distinction grossière entre le procédé de moulage au vert et le moulage sec. Dans le premier cas, la fonte est coulée dans des moules humides, tels qu'ils arrivent du moulage à la machine ou à la main. Dans le second cas, par contre, les pièces de fonte sont produites dans des moules secs.

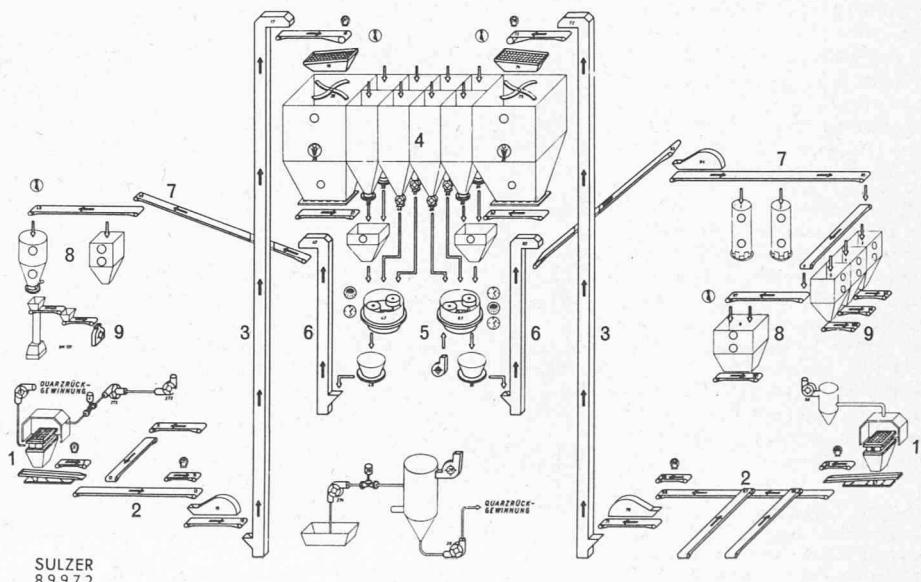


Fig. 10. — Schéma de la préparation du sable dans la fonderie d'acier.

1 Démouleuses à secousses. — 2 Retour du sable usagé. — 3 Elévateur à godets pour sable usagé. — 4 Silos à sable et à liants. — 5 Mélangeur de sable. — 6 Elévateurs à godets pour sable terminé. — 7 Rubans transporteurs. — 8 Silos intermédiaires. — 9 Emplacement de moulage.

Dans le procédé appliqué usuellement au séchage des moules, des moules de différentes grandeurs sont empilés, autant que leurs dimensions le permettent, dans les fours à sécher. Lorsqu'il s'agit de moules de très grandes dimensions, on emploie des fourneaux transportables disposés sur le moule, une fois celui-ci terminé, pour y insuffler un courant d'air chaud.

L'expérience a toutefois montré qu'il suffit, pour obtenir une fonte saine, de ne sécher les surfaces du moule que jusqu'à une profondeur assez limitée, variant suivant le genre et les dimensions de la pièce à produire, entre 0 mm pour la fonte au vert et 150 mm ou même plus pour les très grosses pièces de fonte. Du point de vue économique, cette constatation signifie que les pièces de fonte coulables sans séchage particulier (fonte au vert) sont les moins coûteuses, au contraire des moules séchés.

Il est contraire à toute économie de couler, dans un moule séché de part en part, une pièce de fonte qu'il serait possible d'obtenir sainement avec séchage à faible profondeur. On s'efforce donc, par le séchage superficiel, de créer une transition progressive entre le mouillage au vert et le séchage à cœur habituel. C'est donc un procédé affiné et adaptable à chaque cas, destiné à réduire les frais du mouillage et par conséquent le coût de la fonte. Il ouvre sans aucun doute la voie à de vastes possibilités d'économie pour l'avenir.

Au contraire du procédé usuel, le séchage superficiel, appliqué largement ces dernières années, surtout en Amérique, est largement employé dans la nouvelle fonderie Sulzer, aussi bien pour l'acier que pour la fonte grise, aux pièces de dimensions moyennes.

Ce procédé est réalisé dans des fours intermittents de dimensions diverses ; les deux parties d'un moule, inférieure et supérieure, y sont soumises à un intense courant d'air très chaud, insufflé du plafond par des tuyères, pendant un temps déterminé suivant la profondeur de séchage désirée.

Il est clair qu'un tel traitement ne peut s'appliquer qu'à des sables spécialement aptes et au moyen de fours établis à cet effet, et qu'il demande aussi une expérience adéquate. Ce mode de faire implique impérieusement une parfaite préparation du sable, telle qu'elle est assurée par les nouvelles installations.

#### *Machines à basculer et à extraire les modèles*

L'emploi de ces machines facilite sensiblement le travail, tout en augmentant la rapidité et l'exactitude du mouillage. Elles servent à retourner le châssis, une fois le sable tassé sur le modèle, et à en extraire ce dernier.

Le châssis portant le modèle enrobé dans le sable est assuré par des chaînes sur la machine à basculer, puis soulevé automatiquement et retourné de 180°, après quoi la table de la machine s'abaisse et le dépose sur le chemin de roulement. Après décrochement des chaînes, le modèle se dégage lentement du sable avec la table. Tous ces mouvements sont commandés à l'air comprimé. La plus grosse machine de ce genre installée à Oberwinterthur, en même temps que l'une des plus puissantes employées jusqu'ici en fonderie, a une charge utile de 22 t.

La nouvelle fonderie comprend encore trois engins similaires d'une charge utile de 12 t, dont l'utilisation rationnelle est assurée par la préparation mécanique des moules.

#### *Démouleuses à secousses*

Dans l'ancienne fonderie, le démoulage au marteau pneumatique imposait un travail corporel pénible et dégageait des nuages de poussière ; même dans les masques de protection, on en a mesuré jusqu'à 15 mg/h.

Dans la nouvelle fonderie, toutes les travées de mouillage sont équipées de démouleuses à secousses modernes, dont la plus grande, en quatre parties, a une charge utile de 80 t, pour des châssis jusqu'à 7,3 × 5,8 m. Il n'existe encore que quelques rares autres machines de ce genre et de dimensions similaires. L'équipement comprend encore trois démouleuses à secousses de 20 t (Fig. 11).

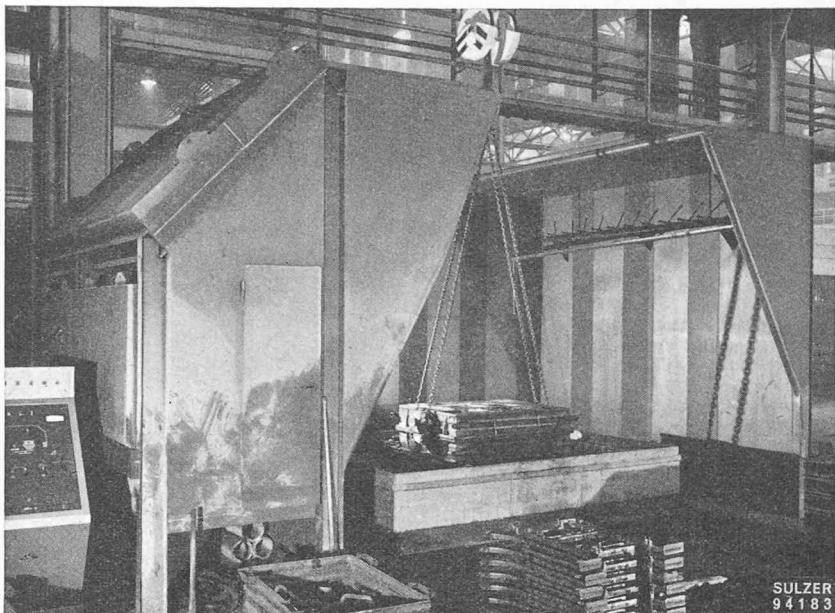


Fig. 11. — Démouleuse à secousses pour charge utile de 20 t.

La table, portée par des ressorts, reçoit un mouvement alternatif rapide, avec une course verticale de 8 à 10 mm et une fréquence d'environ 1000 secousses par minute, par des contre-poids rotatifs entraînés par moteurs électriques. L'évacuation des poussières est ici d'une importance capitale ; dans les démouleuses moyennes, une injection d'eau sous haute pression, en direction horizontale, précipite immédiatement dans le capot de la machine la poussière dégagée dans cette dernière. Le démoulage d'une pièce de fonte se fait en une fraction du temps nécessaire autrefois, et le dégagement de poussière est complètement éliminé en même temps que tout travail corporel pénible.

#### *Equipement de coulée pour fonte grise*

##### *Cubilots*

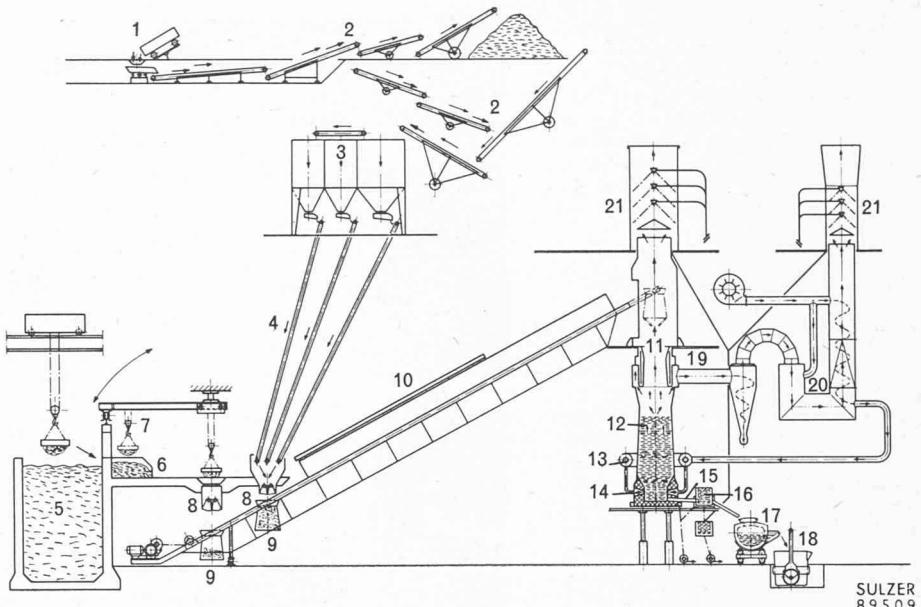
A l'heure actuelle, le cubilot est encore, pour la production de fonte grise, l'appareil de fusion le plus fréquemment utilisé. Morts progrès ont porté, ces dernières années, sur la construction des fours eux-mêmes comme sur la technique de coulée, et la nouvelle installation de cubilots a naturellement profité de cette évolution moderne. Les différences les plus marquantes par rapport aux anciens cubilots d'ancienne construction, portent sur l'insufflation d'air chaud (d'où la désignation de cubilot à vent chaud) et sur la possibilité d'appliquer divers procédés métallurgiques. Les nouveaux fours permettent de produire à moindres frais une fonte plus chaude et de meilleures propriétés métallurgiques, ce qui se répercute par une amélioration de la qualité aussi bien que du rendement économique.

Cette installation de la fonderie Sulzer (Fig. 12 et 13) comprend deux cubilots à vent chaud, l'un à refroidissement par circulation d'eau, avec revêtement neutre et par conséquent utilisable pour marche acide aussi bien que basique, et un second sans refroidissement, destiné uniquement à l'exploitation acide. Ces appareils comprennent chacun, comme des hauts fourneaux, une cuve tronconique avec partie inférieure cylindrique, l'ouvrage. Le diamètre de ce dernier est de 1100 mm dans les deux cubilots, dont la hauteur totale est de 23,2 m.

Dans chaque cubilot, d'une capacité horaire de 12 t, l'air chaud est insufflé par six tuyères débouchant dans un *canal à vent circulaire*. Un bassin récepteur, d'une capacité de 10 t, est commun aux deux appareils. Un tableau de couplage porte, sur la plateforme de service, tous les instruments de mesure nécessaires au contrôle et au réglage. Le visiteur est frappé particulièrement par les grands récupérateurs pour le réchauffage du vent, et par le refroidissement à circulation d'eau adjoint à l'un des cubilots, semblable à un petit haut fourneau et réservé à certains procédés métallurgiques spéciaux.

Fig. 12. — Schéma de l'installation des cubilots.

1 Déchargeur à bascule pour wagons de chemin de fer. — 2 Rubans transporteurs. — 3 Silos pour coke et castine. — 4 Rubans transporteurs pour l'installation de charge. — 5 Silos à fonte brute et à riblons. — 6 Passerelle de charge avec cellules de répartition. — 7 Grue à électro-aimant pour l'installation de charge. — 8 Trémies de pesage pour le matériel de charge. — 9 Paniers de chargement. — 10 Elévateur à plan incliné. — 11 Gueulard du cubilot. — 12 Cuve du cubilot. — 13 Conduite circulaire à vent chaud. — 14 Tuyère de soufflage. — 15 Sortie de la fonte et des scories. — 16 Séparateur de scories. — 17 Bassin récepteur de 10 t. — 18 Poche de coulée. — 19 Aspiration des gaz du cubilot. — 20 Réchauffage du vent. — 21 Installation de dépoussiérage.



*L'installation de réchauffage du vent fonctionne à contre-courant. Les gaz dégagés par le coke incandescent sont aspirés dans la cuve du cubilot et brûlés dans une chambre de combustion pour céder leur chaleur, dans un récupérateur, à l'air froid qui y circule en sens inverse. Ce réchauffage d'air jusqu'à 600° C permet d'obtenir des températures de fonte dépassant 1500° C, avec une consommation de coke moindre que précédemment.*

*En principe, le cubilot est un appareil de refusion, dans lequel on peut produire, suivant les besoins, diverses sortes de fonte en partant de fonte brute, de riblons, de coke et de castine.*

*Dans ses grandes lignes, la marche du cubilot est la suivante :*

Dans la cour extérieure, la fonte brute, les riblons, le coke et la castine, pris dans les silos d'entrepôt, sont dosés automatiquement dans des paniers de chargement, amenés et déversés ensuite, par un monte-charge incliné, à la trémie du cubilot. Avec l'insufflation de vent chaud par les tuyères, le coke brûle et la fonte liquide provenant de la fusion du matériel métallique se rassemble à la partie inférieure et s'écoule, par un séparateur de scories, dans le bassin récepteur, où elle est emmagasinée pour la prochaine coulée.

Les phénomènes de nature physico-chimique qui se déroulent dans le cubilot ne peuvent se représenter simplement, et une description des possibilités offertes par le four métallurgique à refroidissement dépasserait le cadre de cet exposé.

Le refroidissement de la cuve, en combinaison avec le revêtement neutre de l'ouvrage, permet de mettre en œuvre des scories basiques à la teneur de calcaire supérieure à celle de silice. On peut par leur moyen obtenir des réactions métallurgiques plus compliquées, qui permettent d'élèver fortement la proportion des riblons et par conséquent d'abaisser sensiblement le coût de la fonte. Pour l'instant, cette technique est encore en pleine évolution, et la conduite de fours de ce genre, avec programmes de fusion difficiles, demandera maintes études et expériences complémentaires.

#### *Fours d'induction à moyenne fréquence*

Des considérations économiques ont conduit à compléter l'installation des cubilots par des fours d'induction à moyenne fréquence au lieu des fours à l'arc employés jusqu'ici. Cette installation, qui fait suite à celle des cubilots dans la même halle, comprend un four à creuset de 10 t, deux unités de 5 t chacune et une de 2 t. Les circuits inducteurs, alimentés à la fréquence de 600 Hz, sont partagés, dans les fours de 10 t et de 5 t, en trois bobines partielles absorbant chacune une puissance de 800 kW ; dans le four de 2 t, l'enroulement comprend deux bobines partielles. Cette répartition sur plusieurs bobines partielles, appliquée ici pour la première fois dans une installation de ce genre, permet d'adoindre ou de déclencher une partie de l'enroulement inducteur, c'est-à-dire de varier la charge au gré des besoins, par

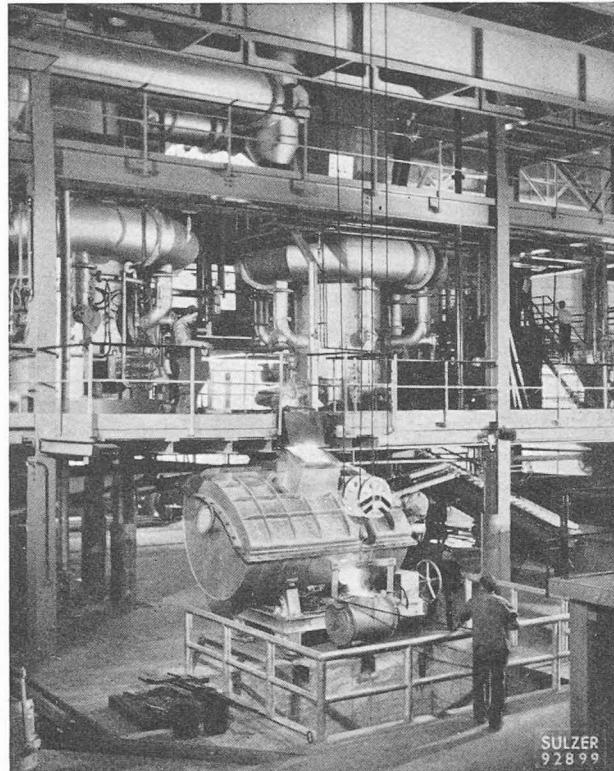


Fig. 13. — Vue antérieure de l'installation des cubilots.

exemple suivant la hauteur de remplissage du creuset ou l'avancement de l'opération, etc. La fumée est aspirée par des fentes à la partie supérieure du creuset.

L'installation des fours est complétée par celle de commutation, comprenant quatre groupes avec génératrice à moyenne fréquence et commutatrice d'excitation, et par un tableau de couplage pour la surveillance et la conduite de l'exploitation. L'emplacement nécessaire à un four de 15 t est encore réservé pour une extension ultérieure éventuelle.

Cette batterie, destinée aux besoins les plus variés, est l'une des plus importantes installations de fours d'induction à moyenne fréquence exécutées jusqu'ici.

Elle procure une sensible augmentation de la capacité, ce qui est d'une grande importance pour la coulée de grosses pièces, jusqu'à 120 t. D'autre part, dans certains cas, les

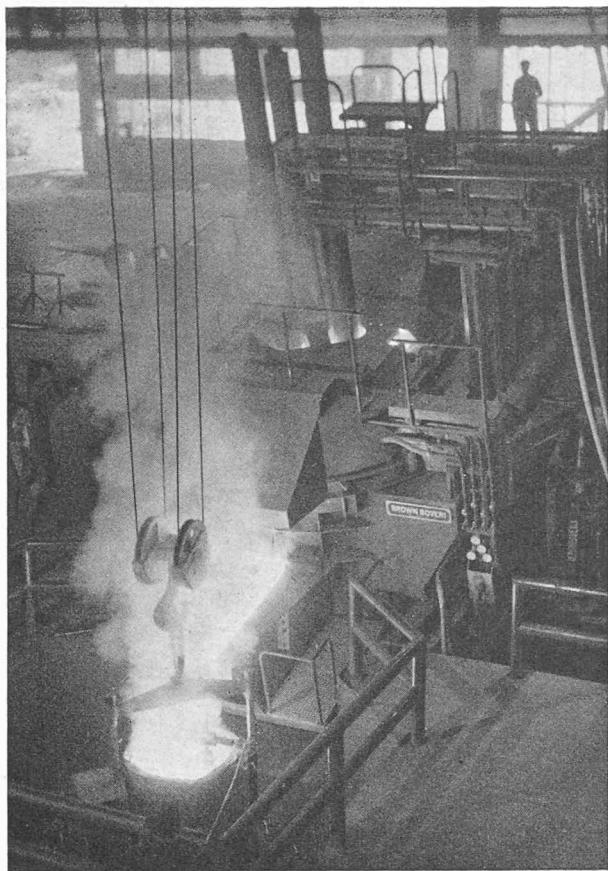


Fig. 14. — Vue antérieure d'un four à arc électrique au moment de la coulée.

exigences de qualité obligent à recouler la fonte après le cubilote (procédé Duplex), c'est-à-dire à la traiter au four d'induction, soit pour observer exactement l'analyse imposée, soit pour ajouter un composant d'alliage, soit pour obtenir la température prescrite. Cette installation sert en outre à produire, à partir de charges solides, certains alliages et qualités spéciales de fonte grise, de même que la fonte nodulaire. Un des fours à creuset de 5 t et celui de 2 t sont affectés à la fonderie Bühler pour cylindres de meunerie.

#### *Fonderie des cylindres pour machines de meunerie Bühler*

Désireuses de rationaliser leurs fabrications et d'élargir leur capacité de production, les maisons Sulzer Frères et Bühler Frères à Uzwil convinrent en 1955 de réunir leurs fonderies en un seul service. A la suite de cette convention, Bühler Frères transférèrent à Winterthour leur propre fonderie pour cylindres de meunerie, et c'est depuis lors chez Sulzer Frères qu'ils couvrent leurs besoins en fonte.

Cette fusion avait été motivée par les nouvelles fonderies que la maison Sulzer Frères projetait à Oberwinterthur.

A Winterthour déjà, on put fabriquer, avec l'équipement mis à disposition par Bühler Frères, des cylindres de meunerie de haute qualité en fonte centrifugée ; la nouvelle fonderie d'Oberwinterthur fut équipée à cet effet, d'après les dernières connaissances techniques, pour produire des cylindres en fonte mixte, alliée ou non, d'une qualité satisfaisant à toutes exigences, jusqu'à 450 mm de diamètre et 1780 mm de longueur.

La fabrication de cylindres est alimentée en fonte liquide par les fours à moyenne fréquence situés à proximité des machines à coulée centrifuge dans des coquilles en acier. Cette installation rationnelle est complétée par un extracteur des cylindres coulés, avec dispositif de refroidissement, et par un appareillage pour le nettoyage des coquilles.

La fabrication des cylindres de meunerie est surveillée méticuleusement suivant des prescriptions détaillées sur tous les facteurs qui influencent la qualité du produit.

#### *Equipement de coulée dans la fonderie d'acier*

L'équipement de la fonderie d'acier comprend trois fours de fusion à l'arc modernes (Fig. 14), de capacités unitaires

de 3, 6 et 14 t et de puissances électriques de 3000, 4500 et 4500 kVA ; un emplacement libre est réservé pour l'installation ultérieure d'un second four de 14 t.

Le chargement à la pelle, usuel autrefois, a fait place au chargement par paniers, bien plus économique. Pour le remplissage, les électrodes sont complètement retirées du couvercle qui pivote sur le côté, puis le panier de chargement, rempli de riblons, est vidé dans le four. Ce mode de faire, qui supprime le pénible travail du personnel de service, a le grand avantage de n'entraîner pratiquement aucune perte de temps. Les paniers de chargement sont remplis hors de la fonderie et amenés aux fours sur demande du personnel desservant.

Grâce à la puissance électrique élevée des fours, les charges peuvent se suivre à intervalles assez brèves, ce qui contribue à abaisser les frais. Chaque four est pourvu d'un dispositif pour l'aspiration individuelle de la fumée ; même à l'injection d'oxygène, opération qui dans l'ancienne fonderie produisait de lourds nuages de fumée, aucune vapeur ne s'échappe dans la halle ou à l'extérieur.

Ces trois fours à l'arc sont complétés par deux fours d'induction à moyenne fréquence, de capacité de 500 et 1000 kg, transférés de l'ancienne fonderie et employés surtout à la fusion d'alliages. Un emplacement est resté libre pour un second four de 1 t.

#### *Ateliers de moulage*

##### *Moulage au sandslinger pour l'acier coulé*

Cet emplacement de moulage, qui sert à la préparation des pièces en acier coulé de poids moyen, est équipé pour la coulée en moules secs aussi bien qu'au vert.

Le sable est tassé dans les châssis par un sandslinger stationnaire, alimenté directement par l'installation de préparation du sable. Une machine à basculer les châssis, d'une force de 12 t, extrait les modèles des moules, qui peuvent être séchés dans quatre fours à chambres intermittentes, disposés pour le séchage superficiel. La coulée fait immédiatement suite à la mise en place des noyaux et préparation des moules, puis les pièces sont démolées sur une machine à secousses de 20 t.

##### *Moulage mécanique pour l'acier coulé*

L'atelier de moulage pour les petites pièces d'acier coulé contient les seules machines à mouler de toute la nouvelle fonderie, tandis que tous les autres emplacements de moulage ne sont desservis que par des machines à projeter le sable (sandslinger). Cet atelier est équipé de deux presses-mouleuses à secousses et avec tables de 650 × 800 mm et d'une mouleuse à secousses sans chocs avec table de 1510 × 1050 mm. Le sable y est amené directement par des rubans-transporteurs. Les moules terminés sont déposés pour la coulée sur les chemins de transport à rouleaux, à l'autre extrémité desquels les châssis passent directement sur une démouleuse à secousses de 1,5 t. Les châssis vides sont ramenés par un autre transporteur à rouleaux jusqu'à l'emplacement de moulage.

##### *Moulage de grosses pièces en fonte grise et en acier coulé*

C'est dans cet atelier du gros moulage que sont fabriquées les lourdes et grosses pièces en fonte grise et en acier coulé jusqu'à 120 t.

Alors que dans l'ancienne fonderie les moules pour les grosses pièces étaient encore confectionnés directement dans le sol, ce mode de faire a été complètement abandonné. Il est plus économique et plus favorable pour l'organisation du travail de ne couler les grosses pièces que dans de robustes châssis. Il faut donc prévoir à cet effet trois fosses de moulage bétonnées dont la plus grande, mesurant 10 × 7,5 m, est profonde de 5,7 m. Une autre fosse est réservée aux chemises de cylindres. Pour la coulée, les moules ne sont plus chargés de lourdes masses, mais sont assurés par des poutres transversales fixées aux bords de la fosse par des tirants à ressorts.

C'est dans l'atelier de gros moulage que se trouve le seul sandslinger mobile ; cette machine de grandes dimensions, qui se déplace le long des fosses au milieu de la travée, avait déjà été essayée dans l'ancienne fonderie, où elle avait donné lieu à de précieuses expériences. Le bras distributeur de sable qui, avec une portée de 12,5 m, peut balayer tout le champ de travail, est alimenté par un silo transportable, auquel le sable est amené directement des installations de préparation. Les moules sont séchés uniquement par fourneaux transportables. C'est aussi dans la halle du grand

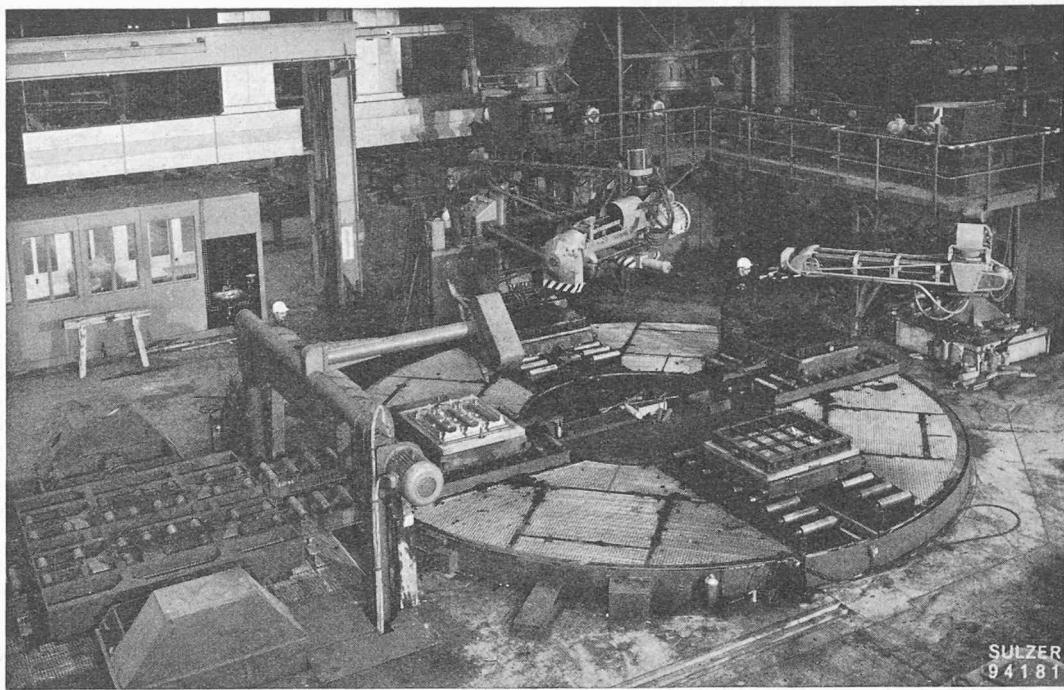


Fig. 15. — Plaque tournante, dispositif de remplissage, Slinger, machine à basculer et râcleuse à sable dans le moulage au vert pour fonte grise.

moulage que se trouve la grosse démouleuse à secousses avec charge utile de 80 t.

#### *Moulage de pièces moyennes en fonte grise*

La travée de moulage pour pièces moyennes est équipée d'un sandslinger stationnaire et d'une grosse machine de 21,5 t pour le basculement des châssis et l'extraction des modèles. Suivant les besoins, les moules sont séchés soit dans un four usuel, soit, suivant la méthode du séchage superficiel, dans deux fours à chambres intermittentes, disposés entre les emplacements de moulage pour pièces moyennes et petites, et utilisables ainsi à volonté pour les deux ateliers. D'autre part, le moulage des pièces moyennes est pourvu de séchoirs portatifs. Le démoulage se fait soit sur la grosse machine de 80 t, dans la fonderie des grosses pièces, soit sur la démouleuse à secousses du moulage pour petites pièces.

#### *Moulage de petites pièces en fonte grise*

Les petites pièces de fonte sont coulées en plus grande partie après séchage superficiel. Dans cette travée, la fabrication porte sur des pièces de même genre en assez grand nombre pour motiver une large application du moulage mécanique.

L'emplacement de moulage comprend un chemin de roulement, en forme d'un 9 à la tête duquel les modèles sont introduits dans les châssis ; le long de la boucle, un dispositif de remplissage y déverse du sable, qui est ensuite tassé et comprimé par un sandslinger stationnaire ; quittant la boucle, les châssis passent sur le tronçon droit du chemin de roulement, où les modèles sont extraits par une machine à basculer.

Les moules sont séchés superficiellement dans huit fours dont les deux plus grands servent aussi à tour de rôle au moulage des pièces moyennes, de même qu'un grand four disponible pour le séchage à cœur. Le démoulage se fait dans la même travée sur une démouleuse à secousses de 20 t.

#### *Moulage au vert pour fonte grise*

Dans la travée des petites pièces, l'organisation du chemin de moulage laisse une certaine liberté dans le déroulement des opérations. Par contre, à l'emplacement de moulage au vert, affecté particulièrement à la fabrication en séries, la mécanisation a été poussée à un degré plus intense. Les moules sont confectionnés en cadence sur une plaque tournante, qui pivote d'un quart de tour pour chaque nouvelle opération (Fig. 15). La préparation d'un moule comprend ainsi quatre phases :

1. Fixation du modèle dans le châssis.
2. Introduction du sable dans ce dernier.
3. Tassement du moule sous le sandslinger.
4. Evacuation du châssis par le chemin de roulement vers la machine à basculer.

Après extraction des modèles sur cette dernière, les moules passent à la coulée. La démouleuse à secousses de 20 t vide les châssis qui reviennent à la plaque tournante, prêts à un nouvel emploi, par un chemin de roulement spécial.

#### *Atelier de noyautage*

L'équipement d'un atelier de noyautage commun aux diverses travées de moulage, et pourvu de sa propre préparation de sable à noyaux, assure aux moins frais une extrême souplesse d'exploitation. L'atelier de noyautage comprend divers services, soit pour l'acier coulé, pour les noyaux de grosses pièces et pour les pièces petites et moyennes. Pour réduire les transports au minimum, chaque service de noyautage est disposé, dans la halle transversale affectée à cette fabrication, en face de la travée de moulage correspondante. La fabrication des noyaux applique les procédés les plus modernes comme par exemple le soufflage des noyaux ; les machines diverses, dispositifs de remplissage et

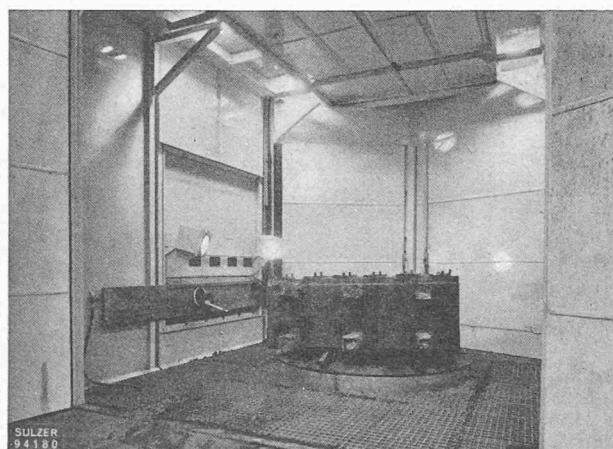


Fig. 16. — Vue intérieure de la grande cabine de nettoyage hydraulique.

tables vibrantes sont complétées par de nombreux emplacements de travail et d'entrepôts pour la fabrication des noyaux durcissant à froid.

Le noyautage pour pièces moyennes comprend un transporteur spécial qui amène les boîtes à noyaux à la machine à basculer, après remplissage automatique et tassement sur la table vibratoire.

Les noyaux sont séchés, en tant que nécessaire, dans des fours de diverses dimensions chauffés au mazout et disposés sous l'installation de préparation du sable; accessibles par leurs deux extrémités, ils sont chargés directement du noyautage, tandis que le déchargement des noyaux séchés se fait vers les travées de moulage correspondantes.

#### *Nettoyage et ébarbage*

Les pièces de fonte sont nettoyées, c'est-à-dire débarrassées du sable qui y adhère, par voie mécanique; pour les plus petites pièces, cette opération se fait à sec par un jet de grenade d'acier projetée par l'air comprimé, à peu près à la vitesse du son, ou par force centrifuge à environ 80 m/s. Les grosses pièces de fonte sont nettoyées au procédé humide, au moyen d'un jet d'eau dirigé avec un débit de 285 l/mn et sous une pression de 160 kg/cm<sup>2</sup>, par une lance commandée hydrauliquement de l'extérieur de la cabine. Balayé à grande vitesse par le jet d'eau, le sable nettoie complètement la surface des pièces.

Diverses installations sont affectées aux opérations de ce genre, soit :

Une cabine de nettoyage humide pour pièces grosses et moyennes, avec une superficie utile de 15×6,5 m, qu'une porte à vantail double permet de partager en deux locaux identiques (Fig. 16). Les deux postes de manœuvre se trouvent contre la paroi longitudinale, et la pièce à nettoyer est posée sur une plaque tournante mécanique de 4500 mm, avec charge utile de 130 t.

Une cabine de nettoyage humide pour pièces petites et moyennes, d'une superficie de 6×6 m. Cette cabine est équipée d'un poste de manœuvre extérieur et d'une plaque tournante mécanique de 2500 mm, avec charge utile de 25 t.

Une installation «Centriblast» pour pièces moyennes et petites, avec chariot à plateforme d'une capacité de charge de 10 t.

Le sable désagrégé par les jets d'eau est amené en sous-sol par des transporteurs à secousses à une installation de criblage et de séparation magnétique qui élimine le matériel impossible à pomper, puis le mélange est refoulé par des pompes dans l'installation pour la récupération du quartz.

Le meulage et l'ébarbage des pièces grosses et moyennes se fait par des meules électriques à main.

Les cabines de nettoyage principales sont complétées par une série de petites cellules individuelles en béton.

Les pièces d'acier coulé, allié ou non, sont débarrassées des masselottes de toutes dimensions, rapidement et économiquement, par découpage oxy-acétylénique. Cette installation sert aussi au nettoyage superficiel au chalumeau des pièces de fonte.

#### *Installations de traitement thermique*

Les installations de traitement thermique comprennent trois fours à recuire à élévateur, de 4700×2700×1500 mm, et deux fours à chariot, l'un de 3600×2000×1800 mm et l'autre de 11 000×4500×3500 mm. Tous ces fours, chauffés au mazout, sont réglés, par commande électronique à cartes perforées, suivant les prescriptions du laboratoire métallurgique, ce qui permet de reproduire exactement, en tout temps, les caractéristiques voulues. Cette commande automatique des fours, qui exclut toute erreur de manœuvre, peut à juste titre passer pour un progrès important dans la technique du traitement thermique.

Les fours s'emploient à volonté pour l'acier coulé, la fonte grise ou la fonte nodulaire. Des bains d'huile et d'eau servent à la trempe de l'acier coulé.

#### *Autres services auxiliaires*

Outre les services décrits brièvement plus haut, le bâtiment de la fonderie abrite quelques sections auxiliaires impossibles à décrire dans le cadre de cet exposé, soit par exemple l'usinage mécanique pour la fonte grise et l'acier coulé, l'atelier de réparation, la préparation des armatures, la réparation pour les modèles, ainsi qu'une installation pour la préparation des enduits de moulage.

#### *Engins de transport*

Des études faites dans différentes fonderies s'accordent à constater que les transports absorbent environ 20 % des frais de fabrication.

Pour assurer ce service, dans la nouvelle fonderie, avec toute la sécurité désirée, les pièces et marchandises légères et de petites dimensions sont transportées par chariots routiers. Ce mode de faire, joint à l'emploi des chemins de roulement sur galets et des machines à basculer, a permis de réduire d'environ 50 % le nombre des grues par rapport à la surface de production.

#### *Installations de dépoussiérage*

L'aspiration des poussières a été étudiée pour éliminer ces dernières à la source même. Des dispositifs d'aspiration particulièrement puissants sont adjoints aux démouleuses à secousses, à la préparation des sables, aux machines à nettoyer et aux fours de coulée. Suivant l'emplacement de ces dispositifs, la poussière est séparée par voie sèche ou humide.

Les poussières et vapeurs métallurgiques, contenant des particules jusqu'à l'ordre de grandeur de la molécule, sont difficiles à éliminer; l'aspiration individuelle aux fours de fusion à l'arc, mentionnée plus haut, illustre toutefois les progrès remarquables réalisés dans ce domaine.

Les installations de dépoussiérage ont sensiblement amélioré l'ambiance dans la fonderie elle-même et dans son voisinage et contribuent aussi à procurer des conditions de travail plus favorables.

#### *Entrepôt de matières premières*

L'énorme consommation de matières premières impose d'importantes installations d'entreposage, car c'est par milliers de tonnes qu'il faut chaque année décharger, emmagasiner et amener aux services de la fonderie le sable, la fonte brute, les riblons, le coke et d'autres produits divers. Les entrepôts de matières premières couvrent une importante partie de la superficie occupée par les fonderies. Les deux voies de roulement, établies dans la cour extérieure et desservant de nombreux silos pour matières les plus diverses, sont complétées par plusieurs autres entrepôts. On peut mentionner particulièrement le basculeur à wagons et les transporteurs à rubans, stationnaires ou transportables, qui amènent rapidement les matières premières ainsi déchargées aux entrepôts correspondants.

#### *Dispositifs de contrôle*

##### *Contrôle de la qualité*

Le contrôle de la qualité, après les derniers services de fabrication et précédant l'expédition, applique les dispositifs les plus divers pour l'examen détaillé des pièces coulées.

Les dimensions sont contrôlées sur des marbres à tracer avec tous les accessoires usuels et quelques stations d'essai hydraulique permettent l'épreuve des pièces coulées creuses sous pression variable d'eau ou de pétrole. Diverses presses à empreintes Brinell, stationnaires ou transportables, servent au contrôle de la duréte.

Les divers procédés de l'examen des matériaux sans destruction trouvent une application étendue dans quelques locaux spéciaux, de la travée de nettoyage à la fonderie d'acier. Les fissures superficielles des pièces coulées sont décelées par deux instruments de contrôle à poudre magnétique (appareils Magnaflux) transportables, tandis que des appareils à ultra-sons servent à la recherche des défauts internes dans les pièces d'acier coulé et de fonte nodulaire. Un appareillage de contrôle aux rayons X, alimenté en courant continu jusqu'à 300 kV, permet l'examen en profondeur, jusqu'à une épaisseur de 100 mm. Les pièces d'épaisseur supérieure sont examinées par radiation d'isotopes, entreposées dans des bombes de plomb, avec tous les dispositifs de sécurité nécessaires, dans une cave spéciale soigneusement isolée; on emploie à cet effet deux préparations diverses, soit l'une au cobalt 60 avec 4,5 Curie et l'autre au caesium avec 2 Curie.

Les propriétés mécaniques des pièces coulées sont étudiées au laboratoire central des usines de Winterthour, dans la section affectée aux essais des matériaux.

#### *Laboratoires pour études sur le sable*

Les diverses sortes de sables à mouler et à noyaux employés en fonderie exigent un contrôle fréquent et précis, car en même temps que la qualité de ce sable, avec sa préparation, détermine en partie celle des pièces de fonte, elle influe aussi la quote-part de rebuts. C'est le cas à un degré particulier dans la nouvelle fonderie desservie par des installations hautement perfectionnées pour la préparation du sable et la récupération du quartz. C'est pourquoi elle a été dotée d'un laboratoire spécial pour le contrôle courant

du sable et l'investigation scientifique dans ce domaine ; outre le contrôle continu des sables employés par la fonderie, il est aussi équipé pour essais sur maquettes, dans des conditions imitant celles de la pratique.

#### Contrôle des analyses

Le vaste programme de fabrication, mettant en œuvre de nombreuses matières premières différentes, impose un contrôle continu des procédés métallurgiques. Outre les appareils usuels employés à déterminer la teneur en carbone, le contrôle courant fait un usage étendu du quantomètre, auquel il suffit de quelques minutes pour donner l'analyse complète d'une éprouvette prise sur une charge avant la coulée et envoyée à l'appareil par tube pneumatique ; les longues périodes d'attente inévitables sont ainsi supprimées, ce qui permet d'observer exactement les prescriptions d'analyse.

#### Laboratoires

D'autre part, la nouvelle fonderie, à laquelle est affecté un laboratoire métallurgique propre, peut aussi toujours

recourir aux laboratoires centraux de la maison Sulzer, qui mettent à disposition leur personnel spécialisé dans de multiples domaines. Ils contribuent à chercher la solution de problèmes d'exploitation proprement dits, et procèdent aussi aux investigations imposées par la technique de la fonderie ou des matières employées, pour améliorer sans cesse les procédés de fabrication et la qualité des produits.

\* \* \*

Grâce à la possibilité d'établir à Oberwinterthur, sur un terrain complètement libre, une nouvelle fonderie étudiée d'après les considérations les plus modernes sous le rapport de la technique, de la fabrication et de l'organisation, permettant une exploitation économique et procurant au personnel une ambiance de travail favorable, la maison Sulzer peut assurer désormais la haute qualité des produits de sa fonderie ; elle contribue ainsi largement à soutenir l'industrie des machines suisses dans sa lutte contre la concurrence et à favoriser le développement de la technique de la fonderie en Suisse.

## ACTUALITÉ INDUSTRIELLE 3

### Le bétatron Brown-Boveri de 31 MeV<sup>1</sup> pour le contrôle non destructif des matériaux

Les rayons X et gamma sont devenus dans l'industrie, au cours de ces dernières années, des auxiliaires très précieux pour le contrôle non destructif des maté-

<sup>1</sup> 1 MeV =  $10^6$  électrons-volts (eV) est une unité d'énergie usuelle en physique nucléaire.

riaux. Ils permettent en effet d'obtenir des radiographies de pièces de tous genres et de toutes grandeurs et d'en déceler ainsi les défauts éventuels.

Jusqu'en 1945 environ, on a presque exclusivement travaillé avec des rayons X traditionnels. Avec des tensions de l'ordre de 400 kV, il est possible de contrôler des pièces d'acier atteignant jusqu'à 8 cm d'épaisseur environ, les défauts les plus petits encore décelables

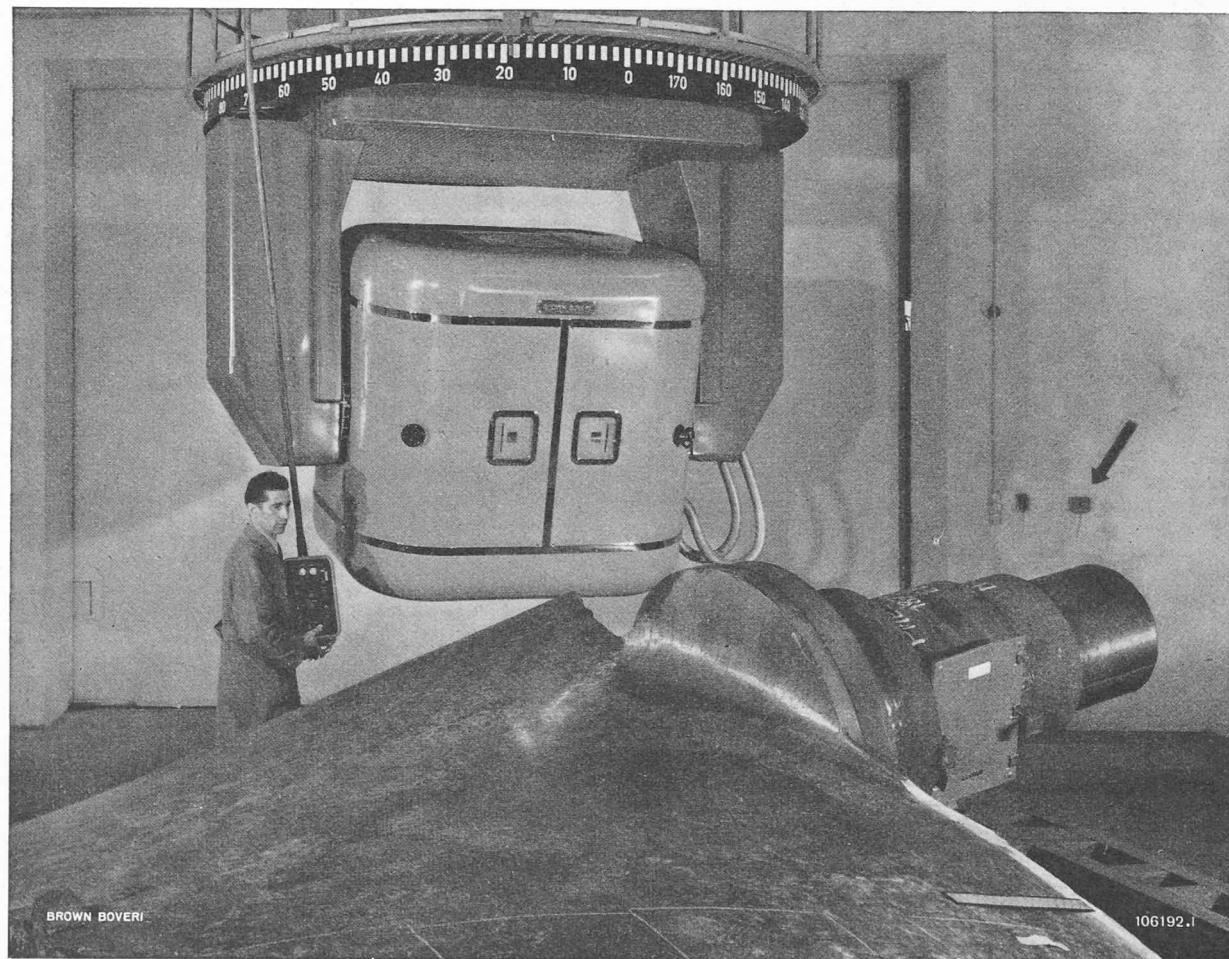


Fig. 1. — Ajustement du bétatron pour le contrôle d'une pale de turbine Kaplan.  
Diamètre de l'arbre à l'endroit examiné : 50 cm.