

Résultats de l'intensification des cuves d'électrolyse de type Soederberg d'une capacité moyenne

E. KOLOSZ * et I. MARTOS **

Les cuves d'électrolyse pour aluminium avec une intensité de courant entre 50 et 100 kA sont considérées en général comme unités de capacité moyenne.

Motifs pour l'intensification : d'acquérir une capacité de rendement plus grande et d'améliorer l'économie de la production.

Des possibilités techniques des cuves à goujons latéraux.

Des possibilités techniques d'intensifier les cuves à goujons verticaux.

L'alimentation en courant aux charbons ultra-purs pour des électrodes par des tiges d'acier dans l'anode, le châssis d'acier dans la masse cathodique, des problèmes de l'intensification dans ce domaine.

Amélioration de la jonction des barres entre les cuves.

Problèmes de la gaine et du caisson en connexion avec l'intensification.

Aspects de l'aspiration de gaz en intensifiant les cuves.

Création des conditions pour mécaniser le travail manuel au cours de l'intensification.

Possibilités pour l'automatisation.

Expériences de l'intensification dans le domaine de l'augmentation de la production de la consommation des matières de base et de l'énergie, ainsi que la productivité.

L'intensification s'effectue parallèlement au développement du niveau technique général de la production.

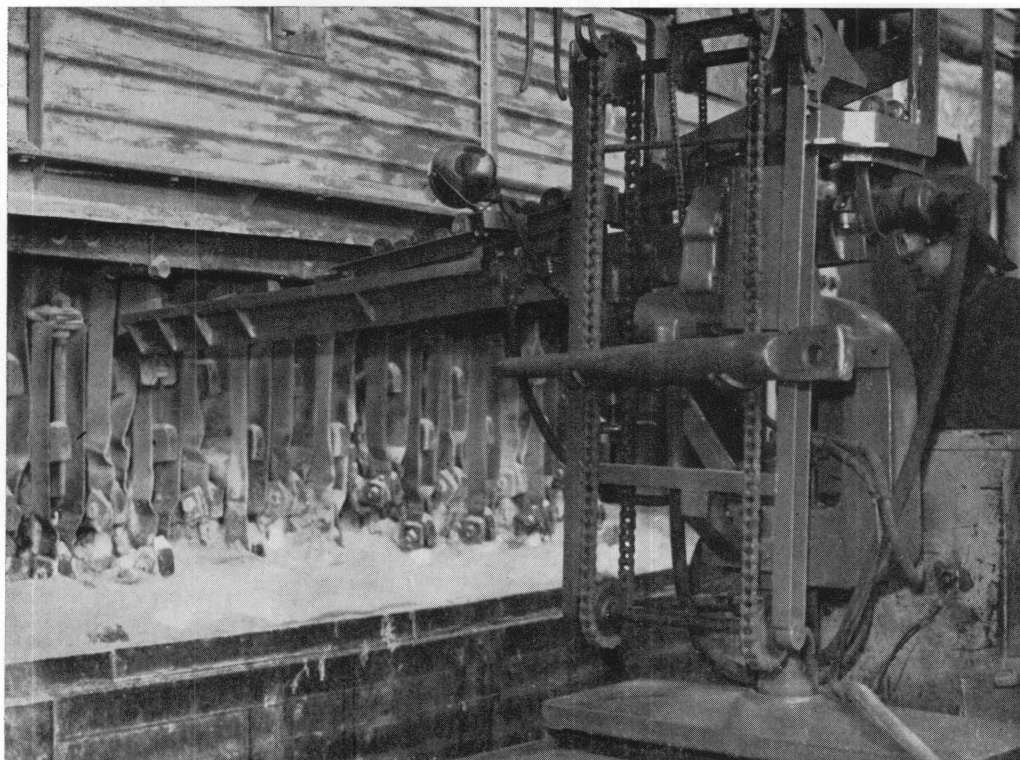
1. INTRODUCTION

Bien que des usines d'électrolyse, établies pendant ces récentes années, utilisent le plus souvent des cuves d'une intensité de courant de 120-160 kA, des cuves d'une intensité de courant entre 50-100 kA sont cependant considérées par les usines d'électrolyse en marche dans le monde entier, comme unités de capacité moyenne.

D'ailleurs, jusqu'aux années dernières on a mis en marche de nouvelles usines d'électrolyse ayant des cuves d'une intensité de courant au-dessous de 100 kA (par exemple Titograd, en Yougoslavie; Arak, en Iran, etc.).

Par intensification, on entend l'augmentation de l'intensité de courant d'exploitation y compris les changements structuraux et technologiques nécessaires.

La consommation spécifique en matériel et en énergie des cuves d'une intensité de courant moyenne est la même que celle d'une haute intensité de courant. De plus, dans



L'intérieur des salles d'électrolyse à Inota et à Ajka

certain cas, la valeur des cuves d'une capacité moyenne est encore plus favorable. Un avantage plus notable se présente dans l'emploi de l'heure de travail sur des cuves avec une plus grande puissance.

Quant aux dépenses, l'intensité de courant de la cuve ne signifie pas une différence importante.

Il va de soi qu'il est, en général, difficile de faire une comparaison parce que la qualification et la pratique du personnel peuvent significativement influencer les résultats. Les usines d'électrolyse en marche plus récemment, avec une intensité de courant moyenne, emploient le plus souvent une main-d'œuvre expérimentée et ce fait est très favorable à la consommation en matériel et en énergie.

2. DES MOTIFS DE L'INTENSIFICATION

Aux usines d'électrolyse d'une capacité moyenne, l'intensification a pour but d'augmenter la production. Au cours du temps, cette aspiration a été stimulée aussi par les tendances du marché. Ordinairement, l'avantage économique de l'intensification a pris la même importance, les dépenses constantes, les frais de salaire et d'entretien, ne se sont pas élevés au fur et à mesure de la quantité de la production.

Notre pays est pauvre en énergie électrique et en raison de l'intensification, nous avons mis tout notre effort sur la réduction de l'énergie électrique nécessaire pour l'électrolyse.

L'intensification économique exige que les sections de conductibilité électrique soient, en général, agrandies, de sorte que la densité de courant diminue. Dans le cas contraire, les consommations en énergie et en matières auxiliaires sont augmentées.

Dans les usines déjà existantes, les possibilités fondamentales pour développer la cuve sont déterminées par la construction du hall d'électrolyse et les dimensions du fondement des cuves. Le plus souvent, la dimension du caisson ne peut être augmentée, tout au plus dans une très faible mesure. Les possibilités de l'intensification résident dans l'augmentation de la mesure de l'anode.

Il est convenable d'effectuer l'intensification dans le temps où le garnissage des cuves est renouvelé, bien que l'on puisse le faire pendant l'électrolyse.

3. DES CUVES A ANODE SOEDERBERG A GOUJONS LATÉRAUX

Les anodes Soederberg sont des anodes de cuves couvertes à goujons latéraux, qui sont chargées de l'intensité plus haute de courant. Malgré cela aussi, celles-ci présentent-elles des possibilités amples pour l'intensification.

D'une part, nous étions à même d'abaisser la distance entre l'anode et la dalle cathodique et d'autre part de réduire l'épaisseur de la dalle cathodique; partiellement, en changeant l'épaisseur du garnissage réfractaire résistant à la cryolithe et partiellement en changeant la mesure de la couche thermique.

Aux cuves à goujons latéraux, le garnissage de captage n'empêche pas d'augmenter la mesure de l'anode car il couvre le caisson. En traitant la cuve, la porte du garnissage est élevée. Ainsi les anodes à goujons latéraux présentent une possibilité favorable d'exploiter mieux l'espace entre l'anode et la dalle cathodique afin d'augmenter l'anode.

Cela ne veut pas dire que la cathode de la cuve était primitivement surmesurée. En effet, à l'époque de l'établissement, la technologie de l'électrolyse a exigé cette mesure.

En Hongrie, lors de l'établissement des usines, la largeur de l'anode des cuves à goujons latéraux était de 1,1 m. Cela n'a pas créé de difficultés d'augmenter cette largeur. Les goujons introduits de côté ont assuré une distribution du courant uniforme, même aux anodes beaucoup plus larges.

Dans une de nos usines d'électrolyse, nous avons réussi à trouver une solution économique d'augmenter la section originelle de l'anode à peu près au double. Dans cette

usine mentionnée ci-dessus, à l'époque de la mise en exploitation, l'intensité de courant a été élevée d'environ 80% par rapport à l'intensité de courant en projet et la quantité de la production a été redoublée relativement à la capacité originelle. La consommation en courant continu de 15 000 kWh et la consommation en fluorure de 36 kg pour une tonne de métal, prouvent l'économie de cette usine. Ces derniers résultats sont les valeurs de la moyenne de plusieurs années.

Naturellement, l'augmentation des mesures de l'anode nécessite aussi le développement convenable du vérin. En dehors de l'augmentation du poids de l'anode, il faut prendre en considération, les conséquences de l'accroissement, comme le déplacement des vérins, l'augmentation de la capacité de transport des grues de montage, etc.

En général, l'intensification entraîne l'augmentation de la capacité de l'aspirateur des gaz.

4. DES CUVES A GOUJONS VERTICAUX

Les anodes des cuves à goujons verticaux sont des anodes de type Soederberg, moins chargées de courant. Mais il n'est pas possible de charger mieux ces anodes, car l'introduction des goujons dans l'anode est moins parfaite que celle des goujons latéraux. En effet, ici les goujons sont insérés dans l'espace anodique plus chaud, c'est pourquoi la pâte d'anode entourant le goujon brûle plus rapidement. Ce fait résulte d'une résistance plus grande de l'anode, par conséquent une densité de courant moindre peut être permise. Aux anodes à goujons verticaux la cloche à gaz entourant l'anode donne la difficulté de l'agrandissement des dimensions. Ce fait gêne la possibilité d'exploiter convenablement l'espace entre l'anode et la dalle cathodique.

Des faits mentionnés déjà aux cuves à goujons latéraux sont applicables à l'augmentation de dimension des anodes, compte tenu des faits susmentionnés.

Dans nos usines d'électrolyse, la section des anodes des cuves à goujons verticaux a été augmentée d'environ 60% et en même temps, l'intensité de courant a été élevée à près de 60% par rapport à celle projetée initialement. Cependant, nous sommes convaincus qu'il y a beaucoup de possibilité pour l'intensification.

5. AMENÉE DU COURANT DANS DU CHARBON ULTRA-PUR POUR ÉLECTRODES

Tant l'amenée du courant anodique que le dégagement du courant cathodique, se sont faits par barre d'acier. Ces conducteurs électriques entraînent la chaleur dans une grande mesure sur des charbons ultra-purs pour électrodes, pour cette raison le développement d'une section économique exige une considération fondée. En premier lieu, on doit trouver l'optimum entre la perte d'énergie dans le conducteur électrique causée par la chute de tension et la perte en dégagement thermique. L'optimum se trouve au minimum de la somme des deux pertes. Cependant, naturellement, il n'est pas différent, la densité de courant se produisant sur la surface de contact du conducteur d'acier et du charbon. Dans ce cas d'autres exigences structurales de la cuve déterminent la densité du courant utilisé.

Compte tenu de toutes ces choses, les goujons anodiques ont été laissés dans le même ajustement que l'original; conformément à l'augmentation de la mesure de l'anode suivant l'ajustement précédent, des goujons supplémentaires ont été installés.

En même temps aussi, le diamètre des goujons a été augmenté de 20-25%. La capacité de la machine arrache-goujons assigne une limite à cette augmentation. Aux barres cathodiques, la largeur de direction horizontale a été élevée jusqu'à l'optimum de la chute de tension respective du dégagement.

6. LE DÉVELOPPEMENT DE LA JONCTION DES BARRES ENTRE LES CUVES

Dans nos usines d'électrolyse, la barre liant les cuves a été mesurée assez juste, c'est-à-dire que la densité de courant a été calculée conformément au remboursement très rapide du capital. Auparavant, au regard des valeurs appliquées dans les usines modernes d'aujourd'hui, une haute densité de courant a été utilisée dans des barres d'aluminium filées et respectivement laminées. Au cours de l'intensification, ces barres mentionnées ci-dessus, ont été changées contre des barres coulées par un procédé semi-continu et en même temps, la densité de courant a été diminuée de moitié, avec l'augmentation du profil.

Dans les cuves, avec une intensité majeure de courant, et en développant la disposition de la barre, nous avons fait un effort pour assurer une distribution stationnaire du courant dans la cuve, et pour produire une valeur de la tension identique dans des plans perpendiculaires sur le sens du courant. Quant à la valeur de la tension, il va sans dire que l'économie raisonnable ne rend possible d'atteindre qu'un résultat partiel.

7. DÉVELOPPEMENT DE LA GAINÉ ET DU CAISSON PENDANT L'INTENSIFICATION

Comme nous l'avons déjà mentionné, la mesure de l'anode et par conséquent la mesure de la gainé, doivent être élevées pendant l'intensification. Afin d'augmenter la mesure de la gainé, le plus souvent un aboutissement a été inséré.

En cas de grande usure, une gainé entièrement nouvelle a été utilisée. De nouvelles gainés insérées au cours du développement ont été plus fortes et plus lourdes qu'elles ne l'étaient précédemment. Sur la gainé des anodes à goujons verticaux des ailes de refroidissement verticales ont été utilisées, sur les parts où cela était justifié par le surchauffement de l'anode.

De plus grandes tâches de modernisation se posent pour le cas des caissons. Nos expériences ont vérifié que l'utilisation du caisson est proportionnelle à l'intensité du courant appliqué. Pour cette raison l'usure des caissons a augmenté pendant l'intensification et c'est pourquoi les caissons ont été changés en types plus forts et plus lourds. Afin de pouvoir mesurer correctement le caisson, nous avons poursuivi un long travail de recherche efficace qui a été complété aussi par une collaboration internationale et technique.

8. EXPÉRIENCES DE L'INTENSIFICATION

Les cuves des usines d'électrolyse hongroises, mises en marche entre 1940 et 1950, ont été intensifiées. Par le développement structural des cuves on a rendu possible d'augmenter notablement l'intensité du courant. En mettant les usines en marche, l'intensité du courant a été augmentée de 40-90% en proportion de la valeur projetée tout en gardant

presque la même dimension extérieure du caisson. Au nombre des 444 cuves de l'usine d'électrolyse déjà existante, on a ajouté 18 autres cuves. Les usines en question produisent maintenant près de 70 000 tonnes d'aluminium vierge au regard de la capacité originelle de 40 000 tonnes, utilisant 15 000 kWh/t de courant continu et 45 kg/t de fluorure. La consommation en heure de travail approche les 10 heures de travail/tonne.

Les 15 000 kWh/t du courant continu et les 45 kg de fluorure/tonne sont considérés comme des valeurs très bonnes. Autant que nous sachions, plusieurs usines d'électrolyse modernes, bâties tout récemment, ne travaillent pas non plus efficacement.

On envisage d'augmenter nos séries de cuves déjà existantes (environ 70 cuves), parce que la capacité de nos valves installées en donne la possibilité.

Au cours de l'intensification exposée, nous nous étions préoccupés de développer une pâte de qualité convenable dans les cuves Soederberg des deux types. Tous nos efforts ont tendu à abaisser la qualité du fraïsil provenant de l'électrolyse, respectivement à améliorer la qualité des anodes.

L'endurance du garnissage de la cathode n'a pas diminué bien que sa charge ait été élevée. De plus, son endurance a augmenté et dans une de nos usines d'électrolyse, elle approchait, en général, des cinq ans.

L'intensification a été accomplie à plusieurs échelons. La transformation structurale a été faite partiellement en renouvelant le garnissage des cathodes, cependant, pendant l'électrolyse, nous avons aussi fait des renouvellements dans une mesure de plus en plus croissante, par exemple, nous avons élargi des anodes à goujons verticaux avec l'entretien de l'électrolyse continue. De la même façon aussi, des barres de contacts ont été changées et respectivement élargies, partiellement au cours de l'électrolyse. Nous sommes en mesure d'arranger les goujons des anodes à goujons verticaux parallèlement au développement de l'anode conformément aux anodes plus larges.

L'intensification a été faite graduellement. Avant l'introduction générale de tous les degrés, la méthode de l'exploitation plus intensive a été éprouvée la première fois sur une ou deux cuves d'essai, à l'aide d'une source additionnelle. Dans plusieurs cas, des modifications de structures ont été effectuées notablement sur la base des événements observés pendant l'exploitation d'essai.

Les transformations structurales en liaison avec l'intensification ont été mesurées, de sorte qu'elles coïncident avec le renouvellement de la structure des cuves, cela étant aussi actuel. Par exemple, quand les goujons anciens se sont épuisés, les goujons des anodes ont été changés en goujons à plus grande mesure et d'ailleurs de nouveaux goujons doivent être produits.

D'après nos calculs, l'intensification ne peut être économique aux séries de cuves avec une basse intensité de courant ou par développement s'il n'est pas possible de développer une unité de capacité moyenne. Mais là où elle peut être constituée, ce fait peut signifier non seulement une augmentation quantitative notable, mais aussi elle élève en flèche l'économie de la capacité productive. Au cours de l'intensification, l'échelle est importante par le seul fait qu'il y a aussi des cuves modernisées et anciennes dans la série. La différence structurale très notable produirait un effet défavorable, puisqu'en même temps une sorte d'intensité de courant seule peut être maintenue dans la série complète des cuves.

Au cours de l'intensification, telles sortes de cuves ont été développées, qui ont soutenu la concurrence avec des cuves à grande puissance sous maints rapports. En effet, en général, pour construire une cuve à haut rendement, on utilise plus de matériel que pour une cuve de moyenne puissance, par exemple, la barre d'aluminium des cuves à moyenne puissance pèse ordinairement moins de 140 kg/kA. Pour atteindre une chute de tension identique aux cuves à haut rendement, une barre d'aluminium au-dessus de 160 kg est nécessaire. Cela correspond à une quantité de barre de 56 kg/t/an, respectivement 64 kg/t/an comptée pour une unité de capacité.

9. RÉSUMÉ

En intensifiant des cuves d'une capacité moyenne, nous avons atteint des résultats particuliers concernant l'augmentation de la production des usines d'électrolyse hongroises, et en même temps nous avons réussi à élever le niveau technico-économique à une valeur très favorable.

** Aluterv, Pozsonyi 56
1389 Budapest XIII (Hongrie)*

*** Engineering Center of the Hungarian Aluminium Corporation
Pozsonyi ut 56, Budapest XIII (Hongrie)*