

Dans la seconde colonne on inscrit les trois facteurs du calcul : les deux rayons vecteurs et l'angle compris. La troisième colonne est réservée aux logarithmes des rayons vecteurs et du sinus de l'angle compris.

Enfin, la quatrième colonne est destinée à recevoir le résultat du calcul de chaque triangle selon la formule bien connue qui permet d'obtenir la surface d'un triangle en fonction de deux côtés et de l'angle compris ; le nombre qui s'inscrit dans cette colonne est le double de la surface cherchée. Les produits partiels ainsi obtenus s'additionnent et le total divisé par deux donnera la vraie superficie de la section, qui, dans le cas de la figure 3 est de 13,598 mètres carrés.

ACADÉMIE DES SCIENCES

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

Sur la « maladie de l'érouissage » dans l'acier. Note de M. Georges CHARPY, séance du 1^{er} août 1910.

M. le professeur Cohen a récemment décrit, sous le nom de *maladie de l'érouissage*, des observations très intéressantes sur les transformations de l'étain. Un certain nombre de faits, que nous avons observés depuis longtemps dans l'étude des transformations de l'acier, nous paraissent pouvoir être utilement rapprochés de ceux qui ont été signalés par M. Cohen.

On sait que l'une des modifications les plus importantes que peuvent subir les métaux est la cristallisation par recuit, ou plus exactement le développement progressif des grains cristallins qui constituent un métal, quand on maintient ce métal à une température convenable. En 1893 (*), nous avons présenté à l'Académie les premiers résultats obtenus dans l'étude de ce phénomène, par l'emploi de la micrographie dans le cas du laiton. La cristallisation par recuit de l'acier doux a fait, entre autres études, l'objet d'un important travail de M. Stead, qui a montré, en 1898, que le développement des grains de ferrite dans l'acier doux se faisait avec la plus grande rapidité, aux températures comprises entre 650° et 800°. En reprenant l'étude de ce phénomène, en tenant compte de l'état d'érouissage du métal, nous avons constaté, et c'est là le point qui nous paraît mériter l'attention, que, toutes choses égales d'ailleurs, l'érouissage préalable du métal augmente, dans une proportion considérable, la vitesse de développement des grains de ferrite, à une température donnée. C'est ce que permettent de constater de nombreuses expériences ; nous citerons, en particulier, la suivante :

On prend une barre d'acier doux présentant un grain uniforme ; on la sépare en deux parties, dont l'une est conservée comme témoin, tandis que l'autre est érouie par étirage à la filière ; les deux fragments sont ensuite recuits simultanément, et maintenus pendant un certain temps à des températures comprises entre 650° et 800°.

Après refroidissement, on peut, en général, rien qu'en cassant les barres, constater à l'œil nu que le grain est beaucoup plus grossier dans la barre préalablement érouie que dans l'autre. Si l'érouissage n'a été que superficiel, on voit souvent, dans la même barre, un grain grossier à la périphérie, tandis que la région centrale présente un grain analogue à celui de la barre non érouie.

L'examen microscopique permet de préciser le résultat, et de constater que la différence ne réside que dans les dimensions des grains de ferrite. Le rapport des dimensions des grains peut prendre des valeurs considérables, car il semble qu'à une température convenable, et qui varie avec la nature de l'acier, le développement des grains de ferrite ne soit pas limité, et qu'on puisse ramener, au bout d'un temps suffisamment long, un bloc de métal à ne plus former qu'un seul grain.

Avec des aciers doux très pauvres en carbone, et légèrement phosphoreux, le phénomène est extrêmement marqué, et l'on observe facilement, après un même recuit, des grains dont les dimensions linéaires varient dans le rapport de 1 à 10, suivant l'état d'érouissage préalable.

Ainsi, dans le spécimen que nous présentons à l'Académie, le volume des grains est, en moyenne, mille fois plus grand dans la partie érouie que la partie non érouie. Ce développement du grain ne modifie pas considérablement, comme l'on sait, les propriétés mécaniques que révèle l'essai de traction ordinaire, mais présente, en revanche, une influence énorme sur la fragilité du métal. Le travail spécifique de rupture, ou résilience, tel qu'il est mesuré par l'essai de flexion sur barreaux entaillés, devient pratiquement nul dès que les dimensions des grains atteignent une certaine valeur. Dans certains cas, nous avons observé que des barres d'acier doux qui, après étirage à la filière, pouvaient subir une flexion très accentuée sans être détériorées, devenaient, après un recuit aux environs de 650°, assez fragiles pour se casser en tombant à terre. Ainsi, la diminution de malléabilité produite dans l'acier doux par l'érouissage, loin d'être toujours atténuée par le recuit, comme on l'admet généralement, peut être, au contraire, très fortement exagérée, lorsque ce recuit a lieu dans un certain intervalle de température, qui est, en général, voisin de 650°-800°.

Ce phénomène s'observe également sur les aciers érouis par les procédés les plus divers, fils tréfilés, tôles laminées à froid, aciers martelés ou emboutis à froid, etc., etc. Si l'on considère le grand nombre d'opérations du travail des métaux qui sont susceptibles de produire un érouissage, et qui alternent avec des réchauffages, on sera conduit à reconnaître que le phénomène auquel est consacrée cette Note doit intervenir fréquemment pour modifier la qualité des produits métallurgiques et pourrait, sans doute, servir d'explication, dans bien des cas, à des ruptures jugées tout à fait anormales.

Dans certains cas, ce phénomène peut être utilisé comme un véritable révélateur de l'état d'érouissage d'un métal. Supposons, par exemple, qu'on produise des empreintes sur un fragment de métal, puis qu'on le polisse de façon à faire disparaître tout relief. Si l'on recuit ce métal et si, après l'avoir attaqué chimiquement, on l'examine au microscope, on constate que les grains cristallins sont beaucoup plus développés dans les parties qui correspondaient aux creux les plus accentués ; la différence de grosseur des grains peut être assez marquée pour être nettement visible à l'œil nu.

En résumé, les faits que nous venons de rappeler, et un grand nombre d'autres que nous avons pu observer, nous conduisent donc à conclure que l'érouissage préalable augmente dans une très forte proportion la vitesse de cristallisation par recuit.

INFORMATIONS DIVERSES

Usine hydro-électrique du Tage

On a, depuis peu, mis en service une usine hydro-électrique qui utilise les eaux du Tage, près de Pastrana, et envoi de l'énergie électrique à Madrid, qui en est éloigné de 76 km. La puissance actuellement utilisée est de 15 000 HP, mais l'usine est prévue pour pouvoir en développer 25 000 (*).

Un barrage a été construit immédiatement à l'aval du point où la Guadalia se jette dans le Tage. Il crée un réservoir, de 150 hectares de superficie, et de 5 300 000 m³ de capacité, qui s'étend sur les deux cours d'eau. La hauteur du mur est de 26 m. au-dessus du niveau de la rivière ; son épaisseur est de 22 m. à la base et de 6 m. au sommet, avec profil triangulaire. Il est établi en forme de voûte très marquée, avec un rayon de courbure à l'extrados de 230 m. ; sa longueur à la crête est de 240 mètres.

Le canal d'aménée a une longueur de 430 m., et aboutit à la

(*) G. CHARPY. *Influence de la température de recuit sur la structure et les propriétés mécaniques du laiton.* (Comptes rendus, 1^{er} semestre 1893).

(*) K. MEYER. — *Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure*, du 20 août 1910.

chambre de mise en charge qui est situé à flanc de coteau, juste au-dessus de l'usine. Cette chambre est divisée par des murs en 7 chambrettes, munies de grilles et de vannes d'arrêt, d'où partent les conduites forcées. A l'heure actuelle, il y a 4 conduites, de 2^m30 de diamètre, pour les alternateurs, et une conduite de 1 m. de diamètre pour les excitatrices. Plus tard, on ajoutera 2 autres conduites de 2^m30.

L'usine hydro-électrique doit contenir 6 groupes électrogènes de 4 300 HP, tournant à 428 tours, composés chacun d'une turbine Francis double, fonctionnant sous 33 m. de chute, et d'un alternateur produisant du courant triphasé à 6 000 volts. A l'heure actuelle, 4 seulement de ces groupes sont installés. L'excitation est assurée par deux dynamos de 300 HP, tournant à 500 tours. Des transformateurs élèvent la tension de 6 000 à 50 000 volts.

Principaux barrages en voûte

Le tableau ci-dessous donne les dimensions de quelques barrages en voûte, travaillant réellement comme tels, et qui seraient par suite incapables de résister par leur seul poids propre.

BARRAGES	Hauteur maxima	Epaisseur à la base	Rayon d'extrados	Longueur à la crête
	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres
Katombaa*	7,60	3,10	67 »	97,50
Pictou *	8,54	4,15	36,60	34,20
Winchester (Kentucky)...	9,45	2,65	96,80	»
Queen Charlotte Vale *	9,75	2,60	27,40	34,40
Parkes *	10,20	4,10	91,50	164,60
Lithgow n° 1 *	10,50	3,30	30,50	54,30
Meer Allum (Indes)...	11,90	2,60	22,40	70,30
Wollongong *	12,80	3,55	61 »	163 »
Cootamundra *	14 »	3,95	76,20	190 »
Wellington *	14,60	3,05	45,70	106,70
Rio Grande (Panama)...	14,65	3,60	15 »	»
Las Vegas (Mexique)...	15,25	4,70	76,20	64,10
Mudgee *	15,25	5,50	77,10	151,80
Paramatta *	15,85	4,55	48,80	68,60
Lewiston (Idaho)...	16,90	4,40	87,30	87,80
Tamworth *	18,60	6,55	76,20	134,10
Bear Valley (Californie)...	19,50	6,10	102,10	76,20
Medlow *	19,80	2,75	18,30	37,80
Lithgow n° 2 *	26,50	7,30	30,50	67,30
Sweetwater (Californie)...	27,45	14 »	67,70	115,80
Ithaca (New-York)...	27,45	2,35	20,70	»
Barossa (Australie)...	28,95	11,10	61 »	143,90
Zola (France)...	36,50	12,75	50 »	69,80
Pathfinder (Wyoming)...	64 »	28,65	56,80	170 »
Shoshone (Wyoming)...	100,10	32,90	58,40	61 »

Les barrages de Rio-Grande, Bear-Valley, Sweetwater et Barossa, ont été décrits dans *La Houille Blanche* d'avril 1906.

Les barrages marqués * sont tous établis dans la Nouvelle-Galle du Sud (Australie). Leur construction a fait l'objet d'une communication de M. WADE, à l'*Institute of civil Engineers*, en mars 1909.

Construction de la route des Alpes

L'exécution de la route des Alpes, dont on a maintes fois signalé l'intérêt, lors du voyage du président de la République en Savoie, peut être envisagée comme de plus en plus prochaine.

M. Morel, dans son rapport sur le budget des travaux publics, donne sur cet important travail les renseignements suivants :

« La route des Alpes ira de Thonon à Nice, en franchissant notamment le col de l'Iseran, le col du Galibier, passant à un kilomètre du col du Lautaret, et franchissant le col de Vars, pour se réunir à la route nationale n° 100 dans la vallée de l'Ubaye. D'une longueur de 600 km. environ, elle utiliserait en majeure partie des routes nationales existantes et, pour 154 km., serait établie sur les parties utilisables de chemins vicinaux dont il reste encore 26 km. à construire.

« Les travaux de construction et d'aménagement sont, à l'heure actuelle, évalués à 4 500 000 francs, dont 4 millions de francs

à la charge du Trésor. Le surplus, correspondant aux frais d'acquisition de terrains, est fourni par les départements de la Savoie, des Basses-Alpes et des Hautes-Alpes, ce dernier aidé par le Touring-Club de France jusqu'à concurrence d'un subside de 188 000 francs. En outre, il faut noter que les trois départements ont pris l'engagement de participer ultérieurement aux frais d'entretien de la nouvelle route, jusqu'à concurrence d'une somme totale de 612 800 francs. Les enquêtes d'utilité publique ont eu lieu et ont donné un résultat favorable. Si l'instruction mixte actuellement en cours ne révèle aucune opposition de la part de l'Administration de la guerre, le projet de loi tendant au classement de la nouvelle route pourra être aussitôt déposé sur le bureau de la Chambre des députés.

« Il est inutile d'insister sur le haut intérêt que présentera cette nouvelle voie de communication pour le tourisme automobile, mais il ne faut pas perdre de vue que, les travaux une fois achevés, la nouvelle route obérera le budget de l'entretien d'un supplément de dépenses annuelles évaluées à 120 000 francs. »

VARIÉTÉS

Protection de la conduite de Coolgardie contre l'attaque de l'eau

Ainsi que *La Houille Blanche* l'a déjà signalé (*), une conduite de 565 km. de longueur fut établie dans l'Australie Occidentale pour amener l'eau de la rivière Hélène aux centres miniers aurifères de Coolgardie et Kalgoorlie. Cette conduite est en tôle d'acier sans rivure établie suivant le *locking bar system*. Elle fut revêtue, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, d'un enduit protecteur, composé par poids égaux d'asphalte et de goudron de houille. Elle fut complètement mise en service en janvier 1903.

On s'aperçut bientôt que cette conduite subissait des corrosions tant externes qu'internes, et, pour y porter remède, le Gouvernement de l'Australie Occidentale fit officiellement consulter trois éminentes personnes : Sir William Ramsay, de l'Académie anglaise des Sciences, et les ingénieurs : D^r George F. Deacon et Otto Hehner. Voici un résumé des conclusions de leur rapport :

Corrosions externes. — Ces corrosions sont provoquées par la détérioration de l'enduit asphaltique protecteur, et par l'attaque du métal de la conduite par les sels contenus en plus ou moins grande quantité dans le sol. Cet inconvénient aurait été évité, et l'entretien bien mieux assuré, en disposant la conduite sur des supports, à l'air libre, au lieu de l'enfouir dans le sol, comme cela a été fait presque partout. En outre, il eut été préférable de passer deux couches de peintures au lieu d'une seule.

Les ingénieurs précités ont conseillé de racler l'ancienne peinture et d'en passer une nouvelle. Quant cela sera possible, la conduite devra être laissée à l'air libre, sinon on l'entourera d'une toile goudronnée. Ils recommandent aussi, dans ce dernier cas, de faire reposer la conduite sur un lit de béton, et recouvrir la conduite par dessus, d'une couche de chaux, à l'état plastique, de 12 mm. d'épaisseur.

Corrosions internes. — Ces corrosions se sont produites là où l'enduit intérieur a laissé l'eau atteindre le métal. L'eau utilisée est riche en chlorures de sodium et de magnésium, tandis qu'elle contient peu de carbonates et d'acide carbonique libre. Elle possède une action corrosive très vive, car les expériences ont montré que la perte d'acier, par semaine, et par mètre carré de surface intérieure, était de 23,8 grammes.

D'après leurs recherches, les ingénieurs conseillers ont déclaré que la cause essentielle de la corrosion du fer ou de l'acier, par n'importe quelle eau, est due surtout à la présence de l'oxygène dissous qu'elle contient. Cet oxygène tend à se combiner aux ions hydrogène, mais ne peut le faire qu'en prélevant une charge négative sur le fer de la conduite, ce qui rend celui-ci soluble. Il se

(*) Voir *La Houille Blanche* d'octobre 1905, page 251.

combine alors avec les ions OH de l'eau, pour former des incrustations d'oxyde ferrique hydraté. En supprimant l'oxygène dissous, on supprimera donc la corrosion.

Cinq procédés furent proposés pour désoxygéner l'eau.

1° Addition à l'eau de sulfate ferreux et d'un alcali. On a calculé que la dépense serait de 4,2 centimes par mètre cube d'eau.

2° Addition à l'eau d'acide carbonique, puis filtrage sur du fer métallique. Ce procédé nécessiterait environ 1 kg de ferraille, et autant de coke (sous forme d'acide carbonique) par 15 m³ d'eau.

3° Addition à l'eau d'alcali caustique pour diminuer le nombre des ions hydrogène. On a constaté que pour le cas particulier de Coolgardie, il suffisait de 3 grains (194 mmg) de soude caustique par gallon (4,54 l.) d'eau. Avant la consommation, l'alcali devrait être transformé en carbonate. Dans ce cas, la dépense serait de 1,9 centime par m³. Avec un lait de chaux, la dépense ne serait que de 0,3 centime.

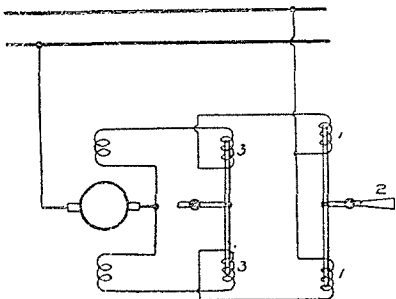
4° Ebullition de l'eau, avec, bien entendu, emploi de méthodes économiques de récupération. Avec cette méthode, l'eau qui contenait naturellement 6,5 cm³ d'oxygène dissous par litre, n'en contenait plus que 3 après ébullition à la pression atmosphérique, et seulement 1,6 après ébullition avec un vide de 132 mm. de mercure.

5° Un dernier procédé consiste à soumettre à l'action du vide l'eau finement divisée. On put ainsi ramener la quantité d'oxygène dissous de 6,5 à 1,4 cm³ par litre, mais, pratiqué sur une grande échelle, le résultat serait sans doute meilleur.

Comme conclusions, les ingénieurs précités conseillèrent d'employer le dernier procédé, en ajoutant 3 grains de chaux par gallon, soit 43 grammes par mètre cube.

Commande à distance et asservissement d'un moteur à courant alternatif

Un curieux procédé vient d'être appliqué aux Etats-Unis dans certaines stations centrales pour la commande à distance de certains moteurs à courant alternatif (*). Il consiste à prendre un moteur série bipolaire, à collecteur, dont les enroulements inducteurs sont montés en opposition. Le fil de jonction des deux bobines inductrices est relié à un des balais, l'autre balai étant relié directement à un des fils de la distribution.



Il résulte de ce montage que si l'on relie l'une des bobines inductrices, le moteur se mettra en marche dans un certain sens comme un moteur-série. Si, au contraire, c'est l'extrémité du fil de l'autre bobine inductrice que l'on relie au réseau, le moteur tournera en sens contraire, cela parce que les bobinages inducteurs sont en sens inverse.

Pour obtenir aisément ces mises en marche, on opère ainsi qu'il suit : Les extrémités libres des fils des bobines inductrices sont reliées en permanence au réseau à travers deux bobines de self à noyau mobile et solidaire 1,1 et 3,3.

Si les noyaux sont également enfoncés dans les bobines, le moteur reste immobile, car les champs inducteurs sont en opposition; mais si, à la main, on déplace le noyau 1,1 à l'aide de la poignée 2, on fait varier l'impédance, qui n'est plus la même pour les deux circuits; il s'établit alors dans le circuit où l'impédance est moindre, un courant prédominant qui provoque la mise en marche de l'induit dans un certain sens. On peut même disposer les choses pour que, graduellement, par la rotation même de l'induit, le noyau des bobines 3,3 subisse un déplacement compensant celui des bobines 1,1. On réalise ainsi un dispositif d'asservissement à

distance ne comportant aucun commutateur ni contact pouvant être détérioré par des étincelles.

Ce procédé, vraiment ingénieux, peut être appliqué dans une foule de commandes; il nous a paru utile de le signaler.

Le Silundum

Ce corps, récemment employé comme résistance dans les appareils de chauffage Prometheus, est obtenu en portant du charbon à l'incandescence dans de la vapeur de silicium, à une température de 1800 à 1900° C. et en vase clos. Comme le silundum ne s'oxyde pas, même à des températures très élevées, on peut parfaitement concentrer en un point la chaleur développée par le passage du courant. Le silundum peut aussi s'employer dans la construction des mouffes, fours électriques de laboratoire, etc. Il est moins cher que le platine et admet de fortes surcharges d'énergie électrique. Une tige en silundum de 800 mm. de longueur et de 6 mm. de largeur peut supporter normalement de 3 à 4 kw. et transitoirement jusqu'à 8 kw. Les vapeurs chaudes de chlore et des acides n'exercent aucune action sur ce corps. Ce dernier fournit des électrodes convenables pour le blanchiment électrique. Le silundum n'est attaqué que par les métaux en fusion, par le fer, par exemple.

(L'Electro).

BIBLIOGRAPHIE

Le développement de l'hydrométrie en Suisse, par le Dr Ingr J. EPPER, directeur du bureau hydrométrique fédéral. Un volume (38×24), de 164 pages et 99 planches (*).

Cet ouvrage, élaboré par le Dr EPPER, directeur du bureau hydrométrique fédéral, et publié par ce bureau, sous les auspices du département fédéral de l'Intérieur, donne une description complète des méthodes de jaugeages employées, des appareils utilisés, et des résultats obtenus par le bureau hydrométrique fédéral. Il intéressera, non seulement les ingénieurs et les industriels suisses, qui y trouveront de précieux renseignements sur les débits des cours d'eau helvétiques, mais encore tous ceux qui ont à s'occuper d'hydraulique en général, et d'hydrométrie en particulier, et, parmi ceux-là, ceux qui utilisent, ou désirent utiliser la houille blanche, sont au premier rang.

Cet ouvrage est magnifiquement illustré et impeccablement tiré. De très nombreuses notes bibliographiques permettent de se reporter aux ouvrages originaux où ont été décrits plus particulièrement les formules, les méthodes et les appareils employés, ou simplement signalés.

H. B.

(* On pourra se procurer cet ouvrage à la librairie J. REY, éditeur de *La Houille Blanche*, à Grenoble.

LIVRES NOUVEAUX EN FRANCE ET A L'ETRANGER

Quelques leçons pratiques d'électricité. H. SCHÖETTES.	
4° édit. In-8°.....	3 »
Emploi du béton armé. P. PLANAT. In-8°.....	2,2 »
Cours de chaudronnerie en fer. A. MONTUPET. 5° édit.	
In-8°.....	7.50
Normalien Vorschriften und Leitsätze des Verbandes deutscher Elektrotechniker. DETTMAR. 5° édit. In-8°.....	4.50
Der Wasserleitung Installateur, OPDERBECKE. In-8°.....	7.50

Nos lecteurs pourront se procurer tous ces volumes à la Librairie Jules REY, Grenoble.

L'Imprimeur-Gérant : P. LEGENDRE

Imprimerie P. LEGENDRE et C^{ie}, 14, rue Bellecordière, Lyon.