



HAL
open science

Sur les propriétés singulières de certains alliages ternaires de cuivre

Alexandre-D. Ross

► **To cite this version:**

Alexandre-D. Ross. Sur les propriétés singulières de certains alliages ternaires de cuivre. J. Phys. Theor. Appl., 1911, 1 (1), pp.117-123. 10.1051/jphystap:0191100102011700 . jpa-00241646

HAL Id: jpa-00241646

<https://hal.science/jpa-00241646>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SUR LES PROPRIÉTÉS SINGULIÈRES DE CERTAINS ALLIAGES TERNAIRES
DE CUIVRE;

PAR M. ALEXANDRE-D. ROSS.

Les résultats des recherches que j'ai poursuivies à l'Institut physique de l'Université de Glasgow sur les propriétés magnétiques des alliages « cuivre-manganèse-aluminium »⁽¹⁾, m'ont conduit à entreprendre, avec la collaboration de M^r R. C. Gray, des recherches analogues sur divers types du système ternaire « cuivre-manganèse-étain ».

Les résultats détaillés de ces recherches seront publiés ultérieurement ; on se propose de résumer ici brièvement les faits les plus intéressants qui ont été élucidés.

Les essais étaient effectués par la méthode magnétométrique, et l'on se servait à cet effet d'un magnétomètre « Gray-Ross ». Les alliages ont été examinés, soit à l'état de fonte brute, soit après les avoir recuits et trempés à différentes températures. Les échantillons ont d'ailleurs été étudiés à toutes les températures, depuis la température de l'air liquide (— 190° C.) jusqu'à celle du point de transformation (250° C. environ).

Pour les essais effectués à des températures supérieures à la température ordinaire, les échantillons étaient enfermés dans un fourneau électrique⁽²⁾ de forme spéciale muni d'une bobine magnétisante et disposé de façon à protéger de l'oxydation les substances étudiées.

L'objet des recherches consistait :

1° A déterminer les qualités magnétiques des alliages et leur modifications sous l'action de la chaleur :

2° A trouver le mode le plus simple et le plus efficace d'application d'un traitement calorifique capable de donner aux alliages un équilibre stable avec perméabilité élevée et faible perte par hystérésis ;

3° A rassembler tous les faits intéressant l'origine de leurs propriétés magnétiques.

(1) *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXVII, p. 88, 1907, et vol. XXIX, p. 274, 1909 ; — *Proc. Roy. Phil. Soc. Glasgow*, vol. XL, p. 94, 1909 ; — *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, vol. LXIII, p. 349, 1909.

(2) J.-G. GRAY et A.-D. ROSS, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXIX, p. 482, 1909 ; — *Phil. Mag.*, vol. XVIII, p. 148, 1909.

(3) J.-G. GRAY et A.-D. ROSS, *Proc. Roy. Phil. Soc. Glasgow*, vol. XLI, p. 84, 1910. *J. de Phys.*, 5^e série, t. I. (Février 1911.)

Comme on n'avait pas l'intention de faire une étude spéciale des modifications des qualités magnétiques des alliages selon leur composition, il n'y avait pas besoin de s'adresser à un grand nombre d'alliages différents, et l'on pouvait se permettre une certaine latitude pour fixer leur composition.

Pour faciliter la préparation des alliages, on décida de faire d'abord un alliage à 30 0/0 de manganèse-cuivre [alliage choisi comme étant le plus fusible⁽¹⁾ et le plus facile à manipuler des alliages binaires] et de partir de cet alliage binaire pour former des alliages ternaires en lui ajoutant des proportions variables d'étain. Certaines précautions étaient prises pour se mettre à l'abri de l'absorption d'oxygène ou de carbone par l'alliage manganésifère et, à cet effet, le métal en fusion dans le creuset était toujours maintenu sous une couche de chlorure de baryum fondu.

La composition en poids des alliages soumis aux essais était déterminée par une analyse chimique ; cette composition est donnée dans le tableau suivant (I) pour les différents alliages :

TABLEAU I. — *Composition des alliages.*

Alliage	Composition 0/0		
	Cuivre	Manganèse	Étain
A	60,2	25,1	14,1
B	58,8	24,5	16,1
C	57,6	23,9	18,0
D	49,2	20,4	29,8
E	43,4	18,1	33,0
F	36,4	15,0	48,1

Des échantillons de chacun de ces alliages, pris à l'état de fonte brute et façonnés en forme de tiges cylindriques de 20 centimètres de longueur et de 1 centimètre de diamètre, ayant été soumis à l'épreuve magnétométrique, ont donné les intensités d'aimantation qui figurent au tableau II.

(1) S. SCHEMITSCHUSCHNY, G. URASOW et A. RYKOWSKY, *Journ. Russ. Phys. Chem. Soc.*, vol. XXXVIII, p. 1030, 1906; — *Zeitschr. f. anorg. Chem.*, vol. LVII, p. 253, 1908.

TABLEAU II. — *Intensité d'aimantation des alliages bruts.*

Alliage	Champ appliqué en unités C. G. S.			
	20	50	100	300
A	17	35	54	78
B	20	43	61	88
C	21	45	56	88
D	—	—	0,4	1
E	21	33	95	208
F	—	0,4	1	2,8

On trouve que la qualité des alliages pouvait être améliorée par le recuit, l'amélioration étant surtout marquée pour les alliages B et C. Le recuit paraît avoir un double effet. En premier lieu, il supprime les tensions moléculaires produites dans la masse lors de la coulée. En second lieu il amène un changement de structure du métal et entraîne des modifications importantes, tant au point de vue qualitatif que quantitatif, dans les propriétés de l'alliage.

Ces deux effets peuvent être presque entièrement séparés l'un de l'autre.

Si les alliages sont portés à une température de 180° C. environ, puis qu'on les laisse revenir lentement à la température du laboratoire, on fait disparaître les tensions moléculaires internes. Ces alliages, qui peuvent être regardés comme dans un état *normal*, donnent des courbes primitives d'aimantation qui présentent exactement la même forme que celles que l'on obtient avant le traitement, mais dans lesquelles chaque ordonnée aurait augmenté de longueur.

Le taux de la variation de la perméabilité avec la température est le même pour les alliages pris à l'état brut ou ramenés à l'état *normal*, la force coercitive est peu altérée, et il ne paraît pas que le recuit ait amené un changement intime de constitution. Le tableau III donne les intensités d'aimantation induite pour les alliages ramenés à l'état *normal*.

TABLEAU III. — *Intensités d'aimantation pour les alliages ramenés à l'état normal.*

Alliage	Champ appliqué en unités C. G. S.			
	20	50	100	300
A	18	36	55	80
B	28	55	77	105
C	24	52	82	129
D	—	—	0,5	1,2
E	22	54	96	209
F	—	0,5	1.0	3,0

Un fait remarquable mis en lumière par les essais est la division des alliages « cuivre-manganèse-étain » en deux groupes magnétiques; les alliages A, B, C appartenant à l'un des groupes, et l'alliage E au second. Starck et Haupt (1) ont fourni quelques données relatives à quatre alliages de ce système ternaire. Les alliages qu'ils examinaient avaient été obtenus par l'addition de 10 à 25 0/0 d'étain à l'alliage à 30 0/0 de manganèse-cuivre. Ils trouvèrent qu'en accroissant la proportion d'étain jusqu'à 18 0/0 environ, la perméabilité de l'alliage atteignait un maximum, pour diminuer ensuite rapidement par un accroissement ultérieur de la proportion d'étain. La série ne fut malheureusement pas poussée assez loin pour faire ressortir le groupe suivant d'alliages fortement magnétiques dans le voisinage de la teneur d'étain 38 0/0.

Il est intéressant de noter le parfait accord qui existe entre les résultats qui ont été donnés ci-dessus pour les alliages A et C et ceux qui ont été fournis par Haupt pour deux alliages de composition presque identique. C'est ce que montre le tableau IV.

TABLEAU IV. — Comparaison des résultats obtenus par Ross et par Haupt.

Alliage	Teneur approximative en étain	Intensité d'aimantation		Observateur
		H = 20	H = 100	
A	14	18	55	Ross
10	14	16	57	Haupt
C	18	24	82	Ross
13	18	—	83	Haupt

Quand les alliages *normaux* sont soumis à un recuit d'une durée de cinq à sept heures à une température de 180° à 200° C., la susceptibilité augmente. L'application du procédé n'amène pas toutefois une augmentation de l'intensité d'aimantation à saturation de plus de 3 0/0. Comme il en résulte d'autre part un décroissement de 10 à 15 0/0 de la perte par hystérésis, la modification se traduit en fin de compte par une détérioration de la qualité. Un recuit ou un chauffage prolongé exercent toujours un effet fâcheux.

Des essais ont été faits sur les alliages A, B, C et E, amenés à l'état *normal*, en les portant à différentes températures depuis — 190° C. jusqu'au point critique.

Le tableau V indique la nature générale des résultats obtenus.

(1) W. STARCK et E. HAUPT, *Schriften Naturf. ges. Marburg*, vol. XIII, p. 267; 1904.

TABLEAU V. — Propriétés magnétiques des alliages à différentes températures.

Alliage	Température de l'essai	Intensité d'aimantation		
		H = 20	H = 100	H = 300
A	— 190°	21	67	108
	15°	18	55	80
	125°	11	37	50
	230°	2	4	5
B	— 190°	30	96	144
	15°	28	77	105
	125°	20	48	61
	230°	2	10	13
C	— 190°	27	102	195
	15°	24	82	129
	125°	12	35	54
	230°	2	5	11
D	— 190°	22	96	209
	15°	22	96	209
	125°	21	88	184
	230°	0	0	0

On voit que ces alliages partagent avec ceux du système « cuivre-manganèse-aluminium » la particularité d'avoir une susceptibilité plus grande à — 190° C. qu'à la température ordinaire, bien que l'amélioration de qualité obtenue par refroidissement dans l'air liquide ne soit pas aussi marquée dans le cas présent. Cette manière de se comporter est intéressante, car le fer, le nickel, le cobalt, ainsi que les différentes sortes d'aciers se montrent — du moins pour des champs faibles — plus magnétiques à 15° C. qu'à — 190° C.

Les valeurs des températures *critiques* des quatre alliages A, B, C et E furent trouvées respectivement égales à 275°, 270°, 255° et 225° C.

Si les alliages sont ramenés à la température du laboratoire après avoir été portés à la température de transformation, et que ce retour ne soit pas trop lent, les échantillons donnent des courbes d'aimantation presque identiques pendant les stages d'échauffement et de refroidissement. Un effet remarquable a été noté avec l'alliage E : lorsque cet alliage est chauffé au-dessus de 225° C., il cesse d'être magnétique, et, si la température est portée au-dessus de 330° C., les propriétés magnétiques ne sont pas recouvrées par le refroidissement lent. Que l'on vienne à tremper cet alliage non magnétique à la température de 400° C., et il redevient magnétique de nouveau ;

toutefois la susceptibilité est beaucoup plus faible que dans l'état initial.

La trempe des alliages à différentes températures donne lieu à des effets assez complexes ; mais, de même que dans le cas des bronzes de *manganèse-aluminium*, elle réduit toujours la susceptibilité des alliages *normaux* (1). Le recuit leur rend en partie leurs qualités magnétiques. Ces bronzes ternaires à l'étain ne montrent pas, par la trempe, une diminution aussi marquée de la force coercitive que les alliages *manganèse-aluminium*. Le tableau VI donne la valeur des forces coercitives de ces alliages pris dans l'état normal et après trempe, comparativement aux forces coercitives d'autres substances magnétiques diverses.

TABLEAU VI. — *Comparaison des forces coercitives.*

Matière	Force coercitive en unités C. G. S.
Fer doux.....	1,7
Nickel.....	8
Cobalt.....	12
Acier au tungstène (recuit).....	12
Acier au tungstène (trempé).....	50
Alliage Cu + Mn + Al (2).....	1,3
Alliage Cu + Mn + Al (trempé à 330°)..	< 0,3
Alliage Cu + Mn + Sn (E).....	9
Alliage Cu + Mn + Sn (trempé à 400°).	6

J'ai autrefois émis l'idée que les propriétés magnétiques des alliages *cuivre manganèse-aluminium* sont dues à l'existence de solutions solides, dont le composé binaire Cu^3Al serait l'un des constituants (2). De récentes recherches de Rosenhain et Lantsberry (3) apportent un appui à cette hypothèse. Il ne paraît pas improbable que le composé Cu^3Al forme toute une série de solutions solides avec Mn^3Al , et l'examen métallographique des alliages ternaires est maintenant entrepris par l'auteur pour résoudre la question.

Si l'existence de telles solutions était établie, cela suffirait à expliquer comment les bronzes « *manganèse-etain* » forment deux

(1) A.-D. ROSS, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXVII, p. 88, 1907.

(2) Alliage contenant 73,5 0, 0 de cuivre, 16 0/0 de manganèse, 8 0/0 d'aluminium.

(3) A.-D. ROSS et R.-C. GRAY, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. XXIX, p. 274; 1909.

(4) W. ROSENHAIN et F. LANTSBERRY, *Ninth Report to the Alloys Research Committee* (*Proc. Inst. Mech. Engs*, 1910).

groupes magnétiques, tandis que les bronzes *manganèse-aluminium* en forment un seulement : nous avons en effet les composés magnétiques Mn^1Sn et Mn^2Sn (1), tandis que nous avons seulement un composé magnétique Mn^3Al (2), dans l'autre système binaire. Des recherches ultérieures du même genre sont en cours avec des bronzes ternaires contenant de l'antimoine et du bismuth, ainsi que l'examen métallographique de plusieurs de ces alliages magnétiques.
