

L'influence de la température sur les propriétés mécaniques des laitons

par MM. W. BRONIEWSKI et K. WESOLOWSKI

○ ○ ○

DEUXIÈME PARTIE (suite et fin) (1)

LAITONS A 40 % DE ZINC. — Les tableaux V, VI, et VII, ainsi que les figures 9, 10, 11 et 12 résument les résultats de nos mesures.

Les courbes de résistance à la traction et de limite élastique (fig. 9) ont pour les laitons à 40 % de zinc une allure assez semblable à celle du laiton à cartouches (fig. 5).

Par contre, une différence assez sensible est accusée par ces deux laitons pour les courbes d'allongement et de striction. Dans les laitons à 40 % de zinc (fig. 10), ces deux paramètres manifestent, même à l'état recuit, un premier minimum dans la zone de recristallisation, vers 350° et un deuxième minimum aux environs de 550°, alors que pour le

Tableau V. — Propriétés mécaniques du laiton à 40 o/o de zinc recuit pendant 2 heures à 550° dans du CO₂; t°, température; R, résistance à la traction; E, limite élastique; A, allongement total à la traction; a, allongement uniforme; b, allongement de striction; φ, striction.

t°	R	E	A %	a %	b %	φ %
— 183	53,3	20,0	20,0	55,3	11,1	71,0
— 78	43,0	15,8	53,0	53,0	11,5	74,6
20	40,5	14,0	51,3	40,6	10,7	75,5
55	39,7	14,0	51,0	39,9	11,1	72,7
100	38,8	14,0	50,8	38,7	12,1	75,5
154	35,2	14,0	50,3	36,0	14,3	76,0
206	34,4	14,5	49,8	34,8	15,0	74,8
250	31,5	13,5	48,7	34,3	14,4	68,7
283	30,6	12,5	47,8	33,0	14,8	57,3
310	30,2	12,5	46,1	31,7	14,4	52,2
336	26,9	12,0	33,2	23,2	10,0	41,0
355	25,3	11,5	37,2	21,1	16,1	39,8
400	21,2	10,5	41,6	18,4	23,2	47,9
454	16,7	8,0	34,7	11,2	23,5	48,3
500	9,6	6,0	33,3	8,0	25,3	45,9
560	3,7	2,3	20,1	8,0	21,1	40,3
613	2,9	1,7	33,0	8,4	24,6	46,7
649	1,5	1,1	38,0	5,3	32,7	49,7
704	1,0	0,3	50,1	6,7	43,4	71,8

Tableau VI. — Propriétés mécaniques du laiton à 40 o/o de zinc écroui à 25 o/o; t°, température; R' résistance à la traction; E', limite élastique; A', allongement total à la traction; a', allongement uniforme; b', allongement de striction; φ', striction.

t°	R'	E'	A' %	a' %	b' %	φ' %
— 183	69,2	56,3	24,4	14,5	9,9	64,1
— 78	58,3	42,1	21,0	11,1	9,9	67,7
21	56,0	40,0	19,8	9,8	10,0	65,5
50	54,2	39,0	19,6	0,8	9,8	64,7
100	53,0	37,0	19,4	8,4	11,0	66,0
156	49,3	34,0	19,2	6,7	12,5	64,7
194	45,1	31,5	20,0	6,7	13,3	63,1
253	43,2	28,0	19,6	4,9	14,7	61,1
296	38,4	26,0	16,5	4,5	12,0	31,8
325	36,7	20,0	14,2	3,7	10,5	26,8
365	22,7	12,0	14,7	3,7	11,0	34,1
366	20,7	11,5	23,4	5,3	18,2	25,1
450	13,6	9,0	32,5	5,3	27,2	45,2
505	5,5	3,0	31,8	4,5	27,3	41,7

laiton à 33 % de zinc (fig. 6) un seul minimum, celui de la zone de recristallisation, se manifeste pour le métal écroui et que le métal recuit en est complètement dépourvu. La décomposition de l'allongement total en ses éléments montre (fig. 11) que les points singuliers se manifestent particulièrement sur l'allongement de striction. La confusion des courbes pour le métal recuit et le métal écroui n'a lieu que vers 500°, c'est-à-dire à une température plus élevée d'une centaine de degrés que pour les laitons à cartouches précédemment étudiés.

La dureté des laitons à 40 % de zinc (fig. 12) suit sensiblement leur résistance à la traction (fig. 9). La résilience de ces laitons (fig. 12) a, au-dessous de la zone de recristallisation, une allure générale assez semblable à celle des laitons à 33 % de zinc. L'analogie cesse d'être valable au-dessus de 500° et un maximum très accentué se manifeste vers 650°.

(1) Voir Revue de Métallurgie, t. XXX, n° 9, p. 396, septembre 1933.

Tableau VII. — La dureté H et H' et la résilience U et U' du laiton à 40 p. 100 de zinc. H et U correspondent au métal recuit pendant 2 heures à 550° dans du CO². H' et U' correspondent au métal écroui à 17 p. 100.

t°	H	t°	H'	t°	U	t°	U'
-183	142,0	-183	181,0	-183	8,30	-183	5,27
-78	104,0	-78	159,8	-78	8,57	-78	5,29
23	95,0	23	159,8	19	8,55	19	5,08
50	94,6	50	155,4	51	8,26	53	5,09
98	93,3	109	148,1	100	7,56	100	4,85
145	91,7	149	129,6	151	6,94	152	4,41
196	88,0	196	114,1	200	6,27	201	4,11
257	56,4	252	67,9	250	5,17	250	3,27
280	40,1	277	45,6	300	2,38	301	2,06
300	31,0	300	35,8	327	2,13	351	1,06
325	27,8	310	31,5	351	1,08	400	0,96
338	23,2	322	26,6	400	0,81	450	1,68
396	12,2	330	26,0	450	0,92	500	1,59
449	5,6	340	20,4	500	0,77	550	2,07
500	2,7	360	17,5	550	1,14	600	2,84
550	2,3	396	11,1	599	1,37	650	7,93*
600	1,1	460	4,8	650	7,18*	700	5,10*
		500	3,1	704	4,82*		
		550	2,3				
		600	1,4				

Les éprouvettes non rompues sont indiquées par le signe *

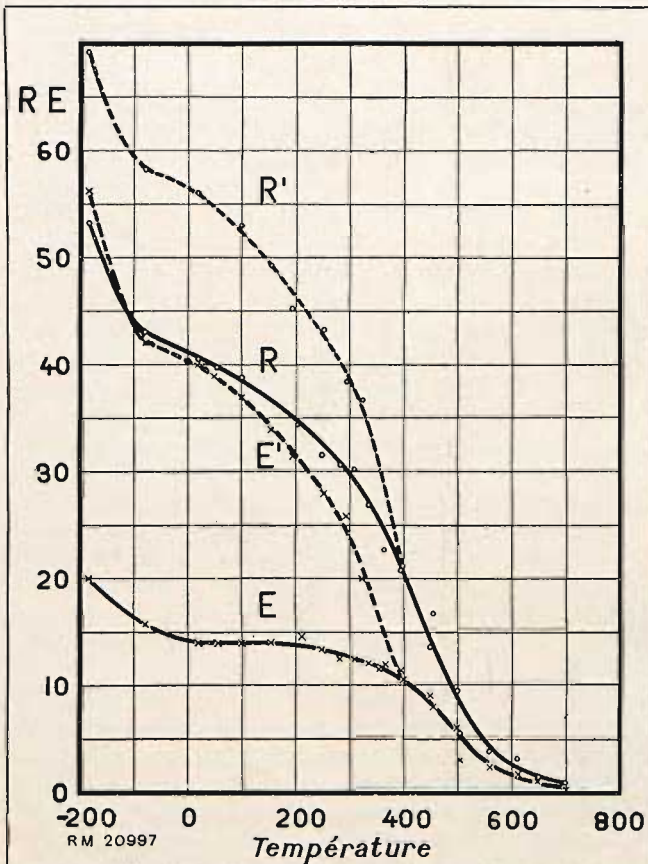


Fig. 9. — R et E: résistance à la traction et limite élastique du laiton à 40 p. 100 de zinc; R' et E': les mêmes paramètres pour le métal écroui à 25 p. 100.

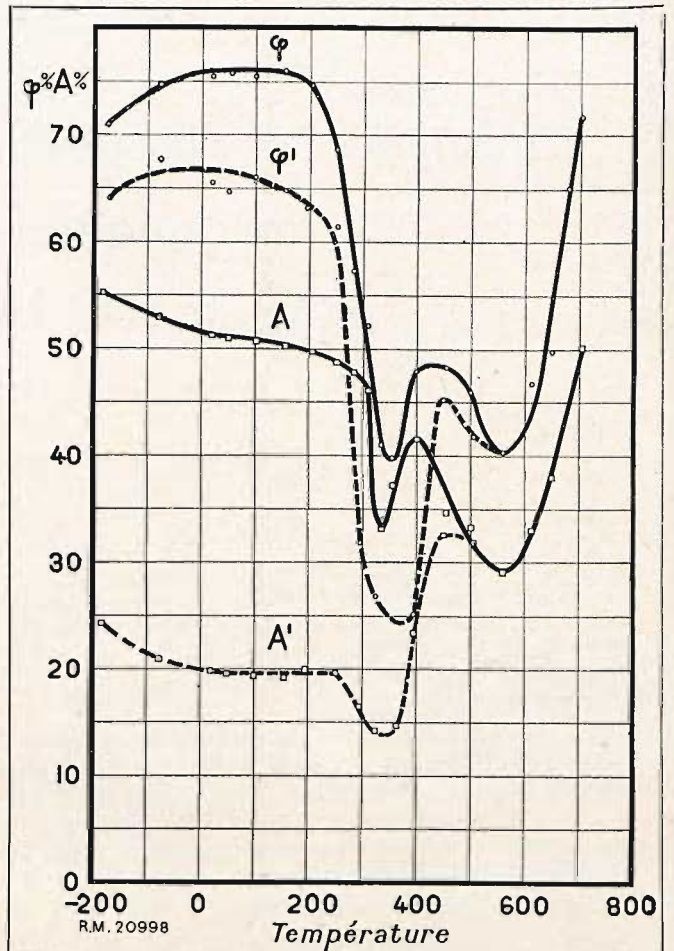


Fig. 10. — A et φ: allongement à la rupture et striction du laiton à 40 p. 100 de zinc; A' et φ': les mêmes paramètres pour le métal écroui à 25 p. 100.

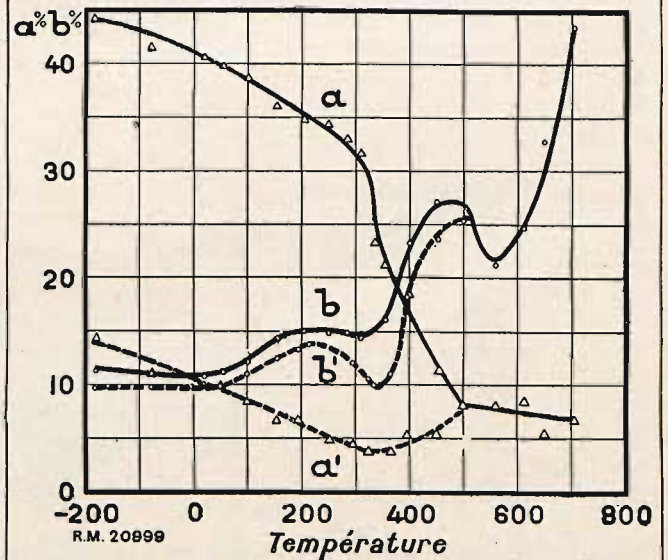


Fig. 11. — a et b: allongement proportionnel et allongement dû à la striction du laiton à 40 p. 100 de zinc; a' et b': les mêmes paramètres pour le métal écroui à 25 p. 100.

Cette augmentation, si sensible, de résilience, ayant pour effet la non-rupture des éprouvettes, est produite probablement par la dissolution croissante du constituant α dans le constituant β subissant une transformation au-dessus de 460° .

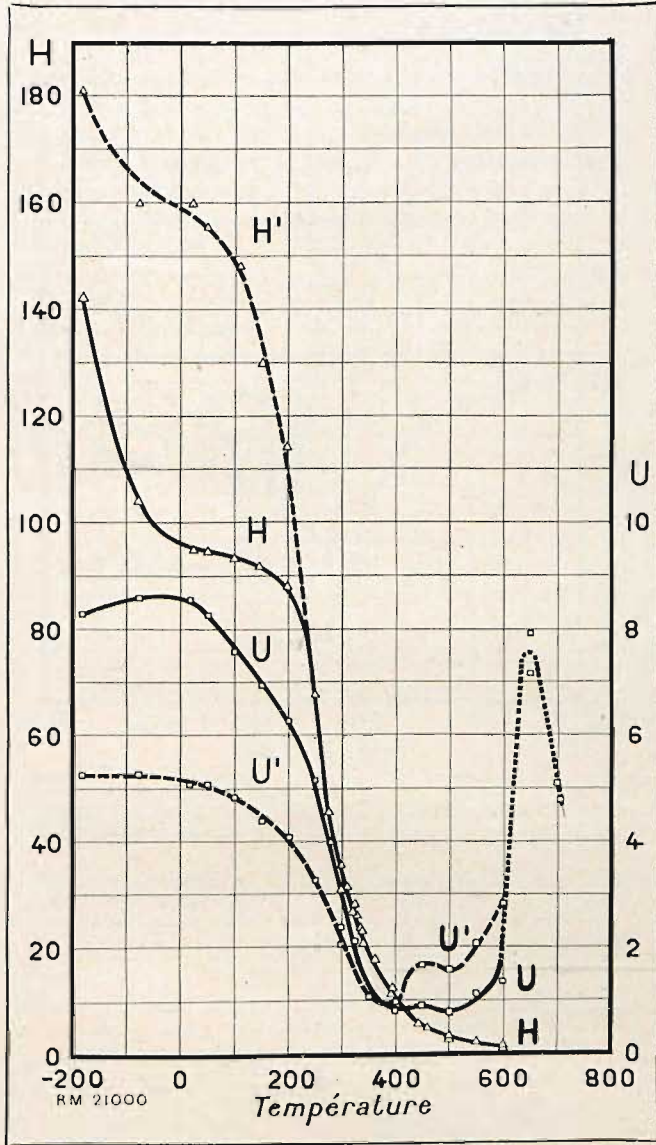


Fig. 12. — H et U: dureté et résilience du laiton à 40 p. 100 de zinc; H' et U': mêmes paramètres pour le métal écroui à 17 p. 100.

Nos diagrammes (fig. 9) ne manifestent pas d'augmentation de la limite élastique entre 0° et 200° signalée par M. Charpy, ainsi que par M. Huntington (fig. 1); cette propriété paraît plutôt se maintenir à un niveau constant dans ces limites

de température. Conformément aux résultats de M. Charpy, nous trouvons pour l'allongement (fig. 10) une diminution constante entre la température ordinaire et 250° et nous ne retrouvons pas le maximum éminent indiqué par M. Huntington (fig. 1), alors que l'allure de sa courbe de striction ne diffère pas trop de la nôtre. Bien davantage différent des nôtres les courbes de striction et de dureté établies par M. Hanser (fig. 2); ainsi à 400° ce savant trouve une réduction de dureté voisine de 40 %, alors que dans nos essais c'est une réduction de dureté voisine de 90 % qui se manifeste (fig. 12).

Par contre, l'allure générale de la courbe de résilience de M. Hanser (fig. 2) est conforme à la nôtre (fig. 12), alors que le diagramme de M. Bunting (fig. 4) indique le maximum de résilience à une

Tableau VIII. — Propriétés mécaniques du laiton à 40 o/o de zinc et 1,3 o/o de plomb, recuit pendant 2 heures à 550° dans du CO_2 ; t° , température; R, résistance à la traction; E, limite élastique; A, allongement à la traction; a, allongement, uniforme; b, allongement striction; φ , striction.

t°	R	E	A %	a %	b %	φ %
— 183	48,5	20,3	50,6	44,0	6,6	62,1
— 78	38,4	17,3	49,8	42,4	7,4	64,0
20	37,1	14,5	50,2	41,3	8,9	62,5
53	36,2	13,0	49,1	40,3	8,8	61,7
109	36,1	13,5	46,2	37,5	8,7	58,0
150	33,6	13,5	45,5	35,7	9,8	54,5
200	31,7	13,5	42,2	33,8	8,4	48,4
248	30,0	12,5	37,4	30,0	7,4	37,3
301	26,9	13,0	28,1	21,0	7,1	31,1
354	22,0	12,0	17,5	12,8	4,7	18,8
400	16,6	10,9	25,4	10,0	15,4	28,7
450	11,5	7,8	24,8	8,6	16,2	28,7
496	5,9	3,2	21,8	7,7	14,1	27,7
555	4,1	2,6	22,6	8,1	14,5	26,6
610	3,1	1,3	22,5	8,1	14,4	24,9
650	1,5	0,8	24,0	6,8	17,2	27,3
700	1,1	0,2	26,7	8,1	18,6	29,0

Tableau IX. — Propriétés mécaniques du laiton à 40 o/o de zinc et 1,3 o/o de plomb écroui à 12 o/o; t° , température; R', résistance à la traction; E', limite élastique; A', allongement total à la traction; a', allongement uniforme; b', allongement de striction; φ' , striction.

t°	R'	E'	A' %	a' %	b' %	φ' %
— 183	60,8	49,1	30,8	22,9	7,9	57,0
— 78	49,5	38,0	27,0	20,8	6,2	59,0
22	44,8	32,2	28,2	21,0	7,2	57,0
51	44,8	30,2	27,1	20,4	6,7	54,7
116	43,9	29,6	24,5	16,8	7,7	48,8
150	41,8	27,6	22,0	13,8	8,2	45,7
200	39,2	26,5	17,6	9,4	8,2	33,1
250	36,1	23,4	8,5	3,6	4,9	14,4
301	30,4	21,3	5,2	2,5	2,7	11,7
354	22,8	13,3	5,3	2,0	3,3	9,8
416	16,1	9,6	10,9	3,3	7,6	14,4
450	10,9	8,3	21,7	7,7	13,4	24,3
504	4,8	3,9	22,1	6,8	15,3	26,3

température sensiblement supérieure à celle où nous le trouvons.

LAITONS POUR DÉCOLLETAGE A 40 % DE ZINC ET 1,3 % DE PLOMB. — Les laitons du deuxième titre contiennent souvent de 0,5 à 2 % de plomb qui facilite leur travail mécanique. Les propriétés de ces laitons sont indiquées dans les tableaux VIII, IX et X, ainsi que sur les figures, 13, 14, 15 et 16.

En comparant les diagrammes des propriétés mécaniques des laitons à 40 % de zinc pur avec ceux des laitons du même titre mais contenant du plomb, on peut remarquer que la présence de ce métal abaisse toutes les propriétés mécaniques, surtout au-dessus de 300° sans que l'allure générale des courbes en soit foncièrement modifiée. Cette influence du plomb se fait moins sentir pour la résistance à la traction et la limite élastique (fig. 13) que pour la striction et l'allongement (fig. 14). Pour ce dernier paramètre, c'est surtout l'allongement dû à la striction qui subit l'effet du plomb (fig. 15). La résilience (fig. 16) est influencée par le plomb plus fortement que les autres propriétés mécaniques.

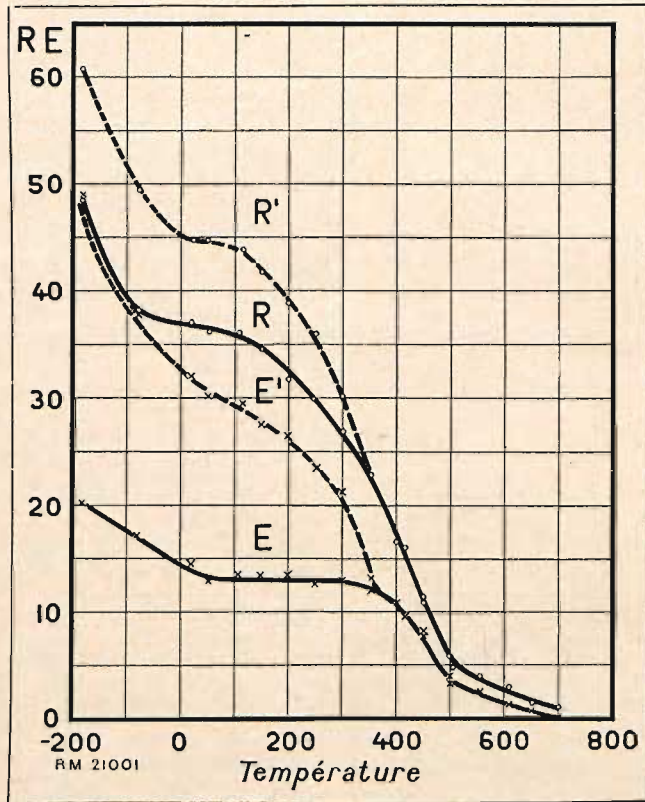


Fig. 13. — R et E: résistance à la traction et limite élastique du laiton recuit à 40 p. 100 de zinc et 1,3 de plomb; R' et E': les mêmes paramètres pour le métal éroui à 12 p. 100.

Non seulement sa valeur absolue se trouve réduite presque de moitié, mais on ne retrouve pas le maximum caractéristique vers 650°.

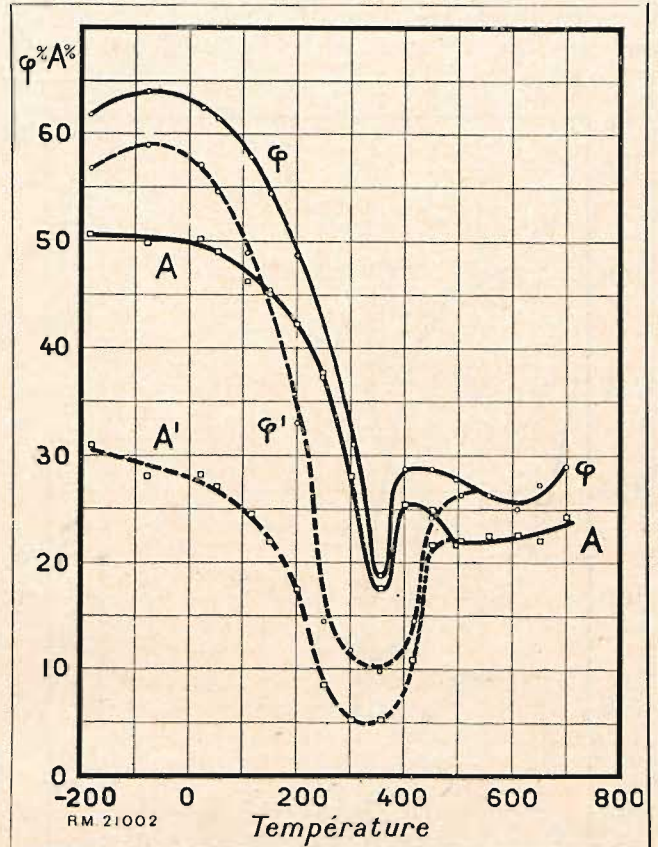


Fig. 14. — A et φ: allongement total à la rupture et striction du laiton recuit à 40 p. 100 de zinc et 1,3 de plomb; A' et φ': les mêmes paramètres pour le métal éroui à 12 p. 100.

Tableau X. — La résilience U et U' du laiton à 40 p. 100 de zinc et 1,3 p. 100 de plomb. U correspond au métal recuit 2 heures à 550° dans du CO₂, U' correspond au métal éroui à 12 p. 100.

t°	U	t°	U'
— 183	4,61	— 183	2,19
— 78	4,91	— 78	2,48
19	4,40	18	2,23
51	4,30	54	2,21
100	4,12	102	2,18
152	3,78	152	2,02
201	3,44	200	1,65
251	2,98	252	1,64
301	2,13	301	0,86
349	0,58	353	0,45
397	0,42	397	0,50
450	0,50	450	0,69
504	0,45	500	0,49
555	0,47	550	0,49
604	0,54	600	0,59
655	1,38	650	1,24
703	1,63	700	1,57

Le diagramme de la résistance à la traction d'un laiton pour décolletage à 0,4 % de plomb étudié par M. Bengough montre une allure semblable à nos résultats pour l'alliage écroui; par contre, la courbe d'allongement diffère sensiblement de la nôtre, surtout au-dessus de 500°.

Il en est de même pour les essais de MM. Bregowski et Spring sur un laiton à 35 % de zinc et 2,5 de plomb, où la résistance à la traction et la limite élastique ont une allure assez semblable à nos diagrammes alors que l'allongement et la striction en diffèrent sensiblement, étant donné que le maximum signalé pour ces deux paramètres vers 150° apparaît sur nos diagrammes vers -50° pour la striction et ne se manifeste pas du tout pour l'allongement (fig. 14).

RÉSUMÉ. — 1. L'étude des propriétés mécaniques entre -182° et 600° a été faite pour les laitons purs

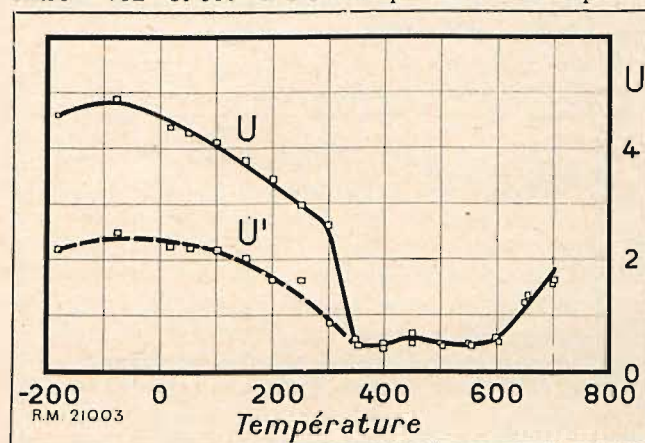


Fig. 15. — U: résilience pour le laiton recuit à 40 p. 100 de zinc et 1,3 de plomb; U': résilience pour le même métal écroui à 12 p. 100.

à 33 et 40 % de zinc ainsi que pour le laiton à 40 % de zinc et 1,3 % de plomb.

2. Les mesures se rapportaient à la résistance à la traction, la limite élastique, la striction, l'allongement total à la rupture, l'allongement proportionnel, l'allongement de striction, la dureté et la résilience des alliages recuits et des alliages écrouis.

3. Pour les trois laitons étudiés, les courbes de la résistance à la traction, de la limite élastique et de la dureté ont une allure similaire: une descente plus rapide à basse température et dans la zone de recristallisation voisinent avec des paliers de variation moins accentuée précédant et suivant la zone de recristallisation.

4. La striction et l'allongement à la rupture des laitons à 40 % de zinc montrent deux minima, dont un dans la zone de recristallisation, vers 350°, et l'autre entre 500° et 600°. Par contre, les laitons

à 33 % de zinc recuits manifestent pour les mêmes paramètres une allure descendante d'une façon continue et ce n'est que pour les alliages écrouis qu'on remarque un minimum vers 300°.

5. Les minima visibles sur les courbes d'allongement des laitons à 40 % de zinc sont provoqués par l'allongement de striction, tandis que les courbes d'allongement uniforme ont pour tous les laitons étudiés une allure continuellement descendante.

6. La résilience présente pour les laitons à 33 % de zinc un maximum vers -80°, une descente rapide dans la zone de recristallisation, précédée d'un palier entre 100° et 200° et suivie d'un minimum vers 500°. Pour le laiton à 40 % de zinc pur le

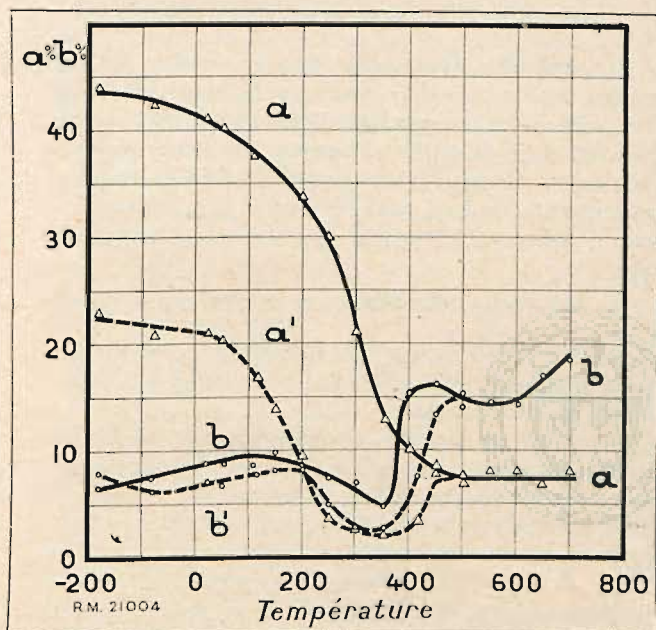


Fig. 16. — a et b: allongement proportionnel et allongement dû à la striction du laiton recuit à 40 p. 100 de zinc et 1,3 de plomb; a' et b': les mêmes paramètres pour le métal écroui à 12 p. 100.

maximum à basse température s'aplatit et s'étend jusqu'à la température ordinaire, la descente rapide dans la zone de recristallisation n'est plus précédée d'un palier, mais se trouve suivie d'un large minimum et d'un maximum accentué vers 650°. La présence du plomb dans le laiton fait disparaître ce maximum.

7. Dans les laitons à 33 % de zinc, l'effet de l'écrouissage ne se fait plus sentir sur les propriétés mécaniques à partir de 400°. Dans les laitons purs à 40 % de zinc l'effet de l'écrouissage est plus tenace et ne disparaît sur le diagramme de la résilience qu'à partir de 600°. L'introduction du plomb dans le laiton paraît abaisser cette limite jusqu'à 500° environ.