

MINISTÈRE DES ARMÉES

DÉLÉGATION MINISTÉRIELLE
POUR L'ARMEMENT

**DIRECTION TECHNIQUE
ET INDUSTRIELLE
DE L'AÉRONAUTIQUE**

AIR 9114/A

CONDITIONS DE RECETTE

des métaux d'apport et des électrodes

pour le soudage par fusion

des aciers utilisés en construction aéronautique

ÉDITION N° 2 DU 15 MAI 1965

COMPOSITION DU DOCUMENT

PAGES N°	DATE CORRESPONDANTE
1 à 8 Annexes I à VI	15 Mai 1965

Documents référencés : AIR 0191, 9113;
NF A 81.301, A 81.302, A 81.309, A 81.321;
PN A 04.303.

OBSERVATION IMPORTANTE. — En cas de reproduction de ce document, il est essentiel de reproduire exactement et séparément chaque feuille (même texte, mêmes indications, même numéro d'ordre).

Tous droits de reproduction réservés

RÉPERTOIRE

	PAGES
1 Préambule	1
2 Spécifications concernant les métaux d'apport non enrobés pour soudage oxy-acétylénique et à l'arc en atmosphère inerte avec électrodes réfractaires	1
2,1 Désignation	1
2,2 Caractéristiques dimensionnelles — Aspect — Présentation	1
2,21 Baguettes et fils d'apport destinés au soudage manuel	1
2,22 Baguettes et fils d'apport destinés au soudage automatique	2
2,3 Marquage des métaux d'apport	2
2,4 Composition chimique	2
3 Spécifications concernant les électrodes enrobées pour le soudage à l'arc manuel (E)	3
3,1 Électrodes déposant des aciers non alliés	3
3,11 Conditions d'emploi	3
3,12 Caractéristiques mécaniques	3
3,2 Électrodes déposant des aciers faiblement alliés	4
3,21 Désignation	4
3,22 Caractéristiques géométriques et physiques	4
3,23 Caractéristiques mécaniques	4
3,24 Aptitude à la trempe (essai facultatif)	4
3,3 Électrodes pour aciers inoxydables	5
3,31 Désignation	5
3,32 Caractéristiques géométriques et physiques	5
3,33 Caractéristiques chimiques	5
3,4 Conditionnement et marquage	5
3,41 Conditionnement	5
3,42 Marquage des paquets ou boîtes	6
3,421 Électrodes déposant des aciers non alliés	6
3,422 Électrodes déposant des aciers faiblement alliés ou des aciers inoxydables	6
4 Dispositions concernant les opérations de recette	6
4,1 Généralités	6
4,2 Lotissement	6

	PAGES
4,3 Essais de recette des fils d'apport destinés au soudage oxyacétylénique et à l'arc sous atmosphère inerte avec électrodes réfractaires	7
4,31 Analyse chimique	7
4,32 Aptitude à la fusion	7
4,4 Essais de recette des électrodes enrobées pour soudage à l'arc	7
4,41 Électrodes déposant un acier non allié	7
4,42 Électrodes déposant un acier faiblement allié	7
4,421 Contrôle dimensionnel	7
4,422 Essai d'aptitude à la fusion	7
4,423 Essai de non-fissuration	7
4,424 Essais mécaniques	8
4,425 Essais d'aptitude à la trempe (facultatif)	8
4,43 Électrodes déposant un acier inoxydable	8
4,431 Contrôle dimensionnel	8
4,432 Essai d'aptitude à la fusion	8
4,433 Composition chimique	8
4,434 Corrosion intergranulaire	8
ANNEXE I. — <i>Aptitude à la fusion des fils d'apport</i>	9
ANNEXE II. — <i>Essais d'aptitude à la fusion des électrodes enrobées</i>	11
ANNEXE III. — <i>Essais de non-fissuration pour électrodes enrobées</i>	14
ANNEXE IV. — <i>Essais mécaniques pour électrodes enrobées déposant un acier faiblement allié</i>	16
ANNEXE V. — <i>Exécution des dépôts pour analyse chimique du métal déposé par des électrodes pour aciers inoxydables</i>	18
ANNEXE VI. — <i>Essai d'aptitude à la trempe</i>	19

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

1

1

PRÉAMBULE

Le présent Règlement annule et remplace le Règlement AIR 9114, édition n° 1 du 31 mai 1952. Il fixe la désignation, les caractéristiques et les conditions de recette des produits suivants destinés au soudage des aciers dont l'emploi est autorisé dans les constructions aéronautiques (voir Règlement AIR 9113) :

- métaux d'apport non enrobés pour soudage au chalumeau oxyacétylénique (OA) et à l'arc électrique manuel et automatique avec électrodes réfractaires en atmosphère inerte (TIG).
- électrodes enrobées pour soudage à l'arc (E).

2 SPÉCIFICATIONS CONCERNANT LES MÉTAUX D'APPORT NON ENROBÉS
POUR SOUDAGE OXYACÉTYLÉNIQUE ET A L'ARC EN ATMOSPHÈRE INERTE
AVEC ÉLECTRODES RÉFRACTAIRES

2,1 Désignation.

Le tableau I, ci-dessous, donne la désignation de six nuances de fils.

TABLEAU I

FILS D'APPORT	USAGE
A 50	Soudage de XC 18 S 25 CD 4 S ⁽¹⁾ 15 CDV 6 ⁽¹⁾
25 CD 4	Soudage de 25 CD 4 S
15 CDV 6	Soudage de 15 CDV 6
Z 3 CN 18 — Z 3 CND 18	Soudage de Z 3 CN 18 Z 10 CNT 18 ⁽¹⁾
Z 10 CNNb 18	Soudage de Z 10 CNT 18

(1) Le métal déposé présente une résistance inférieure à celle du métal de base.

2,2 Caractéristiques dimensionnelles — Aspect — Présentation.

2,21 BAGUETTES ET FILS D'APPORT DESTINÉS AU SOUDAGE MANUEL.

Les métaux d'apport destinés au soudage manuel sont livrés en baguettes ou en fils non enrobés, de dimension et de présentation conformes à la Norme Française A 81.321.

CONDITIONS DE RECETTE

**des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique**

**15
Mai
1965**

AIR**9114/A****2**

Ils doivent être propres et exempts d'oxydes, graisse, vernis ou peinture. Un dépôt de cuivre en couche très mince, destiné à éviter l'oxydation, peut être toléré sur les fils d'acier au carbone ou faiblement alliés.

2,22 BAGUETTES ET FILS D'APPORT DESTINÉS AU SOUDAGE AUTOMATIQUE.

Ces fils sont livrés enroulés sur bobine ou en couronnes. Le diamètre des fils et leur longueur ne sont pas imposés. La tolérance sur le diamètre doit être de $\pm 0,02$ mm.

Sur chaque bobine ou couronne, le fil doit être enroulé régulièrement et ne comporter aucune soudure, coudes, ondulations locales.

Les fils doivent être parfaitement propres, exempts d'oxydes, graisse ou corps étrangers.

Un dépôt de cuivre, en couche très mince, destiné à éviter l'oxydation peut être toléré sur les fils d'aciers au carbone ou faiblement alliés. Ce dépôt doit être parfaitement adhérent.

La surface des fils doit être parfaitement lisse, sans défauts géométriques ou de discontinuité tels que replis, piqûres, pailles, etc.

Si la commande le spécifie, les supports de bobines devront pouvoir supporter un étuvage à température suffisante pour obtenir un déshydratation complète.

2,3 Marquage des métaux d'apport.

Les emballages contenant les baguettes ou couronnes de fils d'apport ainsi que les bobines servant de support aux fils, doivent être munis d'une étiquette comportant une marque de couleur conventionnelle définie au tableau II, et les mentions suivantes :

- la raison sociale et l'adresse du fabricant;
- la désignation commerciale du fil;
- la désignation de la nuance conformément au tableau I du présent Règlement;
- le numéro de coulée ou lot de fabrication;
- le diamètre du fil;
- la masse de fil contenu dans l'emballage.

Les baguettes sont coloriées à la teinte conventionnelle du tableau II de façon très apparente, à l'une de leurs extrémités, sur une longueur ne dépassant pas 10 mm.

Les bottes de fils en baguette ainsi que les couronnes de métal d'apport comportent, fixée par un fil métallique, une étiquette métallique portant une marque à la teinte conventionnelle.

Pour les bottes de fils en baguette, les étiquettes métalliques sont fixées à mi-longueur de l'une ou de quelques baguettes extérieures de chaque botte.

2,4 Composition chimique.

La composition chimique des fils d'apport doit être comprise dans les tolérances fixées par la tableau II ci-après.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

3

TABLEAU II

NUANCE DU MÉTAL D'APPORT Couleur conventionnelle	COMPOSITION CHIMIQUE										
	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V	Ta + Nb	S max	P max	S + P max
A 50 Vert	0,15 0,22	0,80 1,20	0,20 0,35						Indice F 0,035 0,040		0,065
25 CD 4 Jaune	0,21 0,28	0,40 0,80	< 0,25	≤ 0,30	0,80 1,20	0,15 0,30			Indice H 0,025 0,030		0,055
15 CDV 6 Orange	0,08 0,14	0,80 1,10	< 0,20		1,25 1,50	0,80 1	0,20 0,30		Indice H 0,025 0,030		0,055
Z 3 CN 18 Blanc	≤ 0,03	0,20 2	≤ 0,70	9 12	17 20				0,030	0,030	
Z 3 CND 18 Gris	≤ 0,03	≤ 2	≤ 0,70	11 14	18 20	2 3			0,030	0,030	
Z 10 CNNb 18 Noir	≤ 0,08	≤ 2	≤ 0,70	8,5 11	18 20			10 XC 1	0,030	0,030	

3 SPÉCIFICATIONS CONCERNANT LES ÉLECTRODES ENROBÉES
POUR LE SOUDAGE A L'ARC MANUEL (E)

3,1 Électrodes déposant des aciers non alliés.

3,11 CONDITIONS D'EMPLOI.

Les électrodes dont l'emploi est autorisé correspondent aux définitions données par la Norme Française A 81.309.

Ces électrodes sont désignées suivant la symbolisation prévue par la Norme. Leurs conditions d'emploi sont fixées au tableau III ci-après.

3,12 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES.

Elles sont définies au tableau III ci-dessous.

TABLEAU III

SYMBOLE NORME NF A 81.309	ENROBAGE	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES MINIMALES du métal déposé Exécution suivant NF A 81.302			SOUDAGE, DES ACIERS TYPES
		R (hbar)	A % (sur 5,65 √S)	KUF (daj/cm²)	
E 343 R	Rutile	47	26	9	XC 18 S
E 345 B	Basique	47	26	13	XC 18 S — 25 CD 4 S
E 445 B	Basique	51	26	13	25 CD 4 S
E 534 B	Basique	55	22	11	25 CD 4 S — 15 CDV 6

REMARQUE. — On peut utiliser des électrodes déposant un acier non allié pour le soudage des aciers faiblement alliés lorsqu'il est possible d'admettre une plus faible résistance mécanique du cordon de soudure par rapport au métal de base.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

4

3,2 Électrodes déposant des aciers faiblement alliés.

3,21 DÉSIGNATION.

Deux types d'électrodes portant les symboles suivants sont retenus :

- électrode AIR 85 pour le soudage des aciers type 25 CD 4 S;
- électrode AIR 100 pour le soudage des aciers type 15 CDV 6.

3,22 CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET PHYSIQUES.

Les électrodes doivent répondre aux spécifications des articles 8 et 9, chapitre III de la Norme Française A 81.309.

De plus, l'enrobage basique doit être conforme à la définition donnée au chapitre I, article 3, paragraphe 4, de cette Norme.

3,23 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES.

Ces électrodes, soumises aux essais définis aux annexes III et IV ci-après, doivent donner des soudures présentant les caractéristiques mécaniques minimales fixées au tableau IV.

TABLEAU IV

SYMBOLE RÈGLEMENT AIR 9114/A	ENROBAGE	ÉTAT D'EMPLOI	CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES MINIMALES sur cordons de soudure suivant annexe IV			SOUDAGE des ACIERS TYPES
			R (hbar)	E 0,2 % (hbar)	A % (sur 5,65 \sqrt{S})	
AIR 85	Basique	Sans traitement	75	60	13	25 CD 4 S
		Trempe 860° - 880° huile Revenu 550° air (1 h 30)	88	74	10	
AIR 100	Basique	Sans traitement	85	70	10	15 CDV 6
		Trempe 975° air calme Revenu 650° air (2 h)	98	75	10	

3,24 APTITUDE A LA TREMPE (ESSAI FACULTATIF).

Le métal déposé par les électrodes doit présenter, à la trempe et au revenu, un comportement voisin de celui du métal de base pour lequel elles sont prévues.

Cette propriété peut être vérifiée par l'essai Jominy modifié tel qu'il est décrit à l'annexe VI.

Dans chaque section de l'éprouvette, après traitement thermique, la valeur de la dureté du cordon ne doit pas s'écarter de ± 10 points Rockwell C de celle du métal de base; le métal de base ayant des caractéristiques conformes aux spécifications du Règlement AIR 9113.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

5

3,3 Électrodes pour aciers inoxydables.

3,31 DÉSIGNATION.

Trois nuances d'électrodes sont prévues :

- deux pour le soudage des aciers 18-8 à bas carbone (une avec molybdène, l'autre sans);
- une pour le soudage des aciers 18-8 stabilisés.

3,32 CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET PHYSIQUES.

L'âme des électrodes doit être constituée par un fil d'acier inoxydable de nuance 18-8.

Les électrodes doivent répondre aux spécifications suivantes :

- Norme Française A 81.301, édition 1962, sauf en ce qui concerne la longueur qui peut être différente;
- Norme Française A 81.309, édition 1962, en ce qui concerne :
 - le chapitre I, article 3, paragraphe 4;
 - le chapitre III, articles 8 et 9.

3,33 CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES.

La composition chimique du métal déposé suivant la technique définie à l'annexe V ci-après doit être conforme aux valeurs indiquées par le tableau V.

TABLEAU V

SYMBOLE	ENROBAGE	ANALYSE CHIMIQUE DU MÉTAL DÉPOSÉ SUIVANT L'ANNEXE V									SOUDAGE des ACIERS TYPES
		C	Cr	Ni	Si	Mn	Nb	Mo	S	P	
Z 3 CN 18	Basique ou Rutile	≤ 0,03	17	9	≤ 0,7	≤ 2			≤ 0,03	≤ 0,03	Z 3 CN 18
			20	12							Z 10 CNT 18
Z 3 CND 18	Basique ou Rutile	≤ 0,03	18	11	≤ 0,7	≤ 2		2	≤ 0,03	≤ 0,03	Z 3 CN 18
			20	14				3			Z 10 CNT 18
Z 10 CNNb 18	Basique ou Rutile	≤ 0,08	18	8,5	≤ 0,7	≤ 2	10 XC		≤ 0,03	≤ 0,03	Z 10 CNT 18
			20	11			1				

3,4 Conditionnement et marquage.

3,41 CONDITIONNEMENT.

Les électrodes sont exclusivement livrées en paquets ou boîtes correspondant à 20 électrodes ou multiples de 5, de même diamètre, même nuance et même lot de fabrication.

L'emballage doit permettre une bonne conservation des électrodes pendant une durée d'au moins 6 mois, à partir de la date de livraison, sous réserve que les paquets ou boîtes soient maintenus au sec et manipulés avec précaution.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

6

3,42 MARQUAGE DES PAQUETS OU BOITES.

3,421 *Électrodes déposant des aciers non alliés.*

Le marquage est effectué conformément aux indications de l'article 18 du paragraphe 4, chapitre III de la Norme Française A 81.309.

3,422 *Électrodes déposant des aciers faiblement alliés ou des aciers inoxydables.*

Chaque paquet ou boîte doit porter une étiquette collée ou imprimée sur l'emballage avec les indications minimales ci-après :

- la raison sociale et l'adresse du fabricant;
- la désignation commerciale des électrodes s'il y a lieu;
- le numéro du lot de fabrication des électrodes;
- le diamètre de l'âme métallique des électrodes;
- le nombre d'électrodes contenues dans le paquet ou la boîte;
- la référence au présent Règlement;
- la nature du courant à utiliser et s'il y a lieu la tension minimale d'amorçage de l'arc en courant alternatif;
- l'intensité moyenne du courant d'utilisation à plat (à titre indicatif);
- le symbole de l'électrode comme défini aux tableaux IV et V.

4 DISPOSITIONS CONCERNANT LES OPÉRATIONS DE RECETTE

4,1 Généralités.

Les métaux d'apport et électrodes faisant l'objet du présent Règlement sont toujours commandés avec recette.

L'exécution des essais de recette est normalement laissée aux soins du fabricant qui garantit la conformité du produit livré aux exigences du Règlement.

Une copie du procès-verbal d'essai peut être exigée par le Constructeur ou par le représentant des Services Officiels.

Le Constructeur peut en outre effectuer tous les contre-essais et vérifications qu'il juge utiles.

En cas de contestation, les parties peuvent avoir recours à un organisme indépendant qui exécute à nouveau les essais conformément au présent Règlement.

Sauf mention particulière, tous les essais de recette définis ci-après doivent être exécutés pour chaque lot de produit, la définition d'un lot de produit est donnée pour chacun d'eux au paragraphe 4,2.

Tous les résultats d'essais portant sur les échantillons prélevés dans un lot doivent être satisfaisants pour que le lot soit accepté.

4,2 Lotissement.

Les métaux d'apport sont soumis aux essais de recette par lots homogènes appartenant à la même coulée et à une même fabrication. Chaque lot ne devra pas excéder 1 000 kg.

Pour les électrodes de soudage à l'arc, un lot est constitué par des électrodes de même diamètre et de même fabrication.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

7

Le lot est limité :

- à 250 000 électrodes pour les électrodes déposant un acier non allié;
- aux électrodes fabriquées à partir d'un fil issu d'une même coulée d'aciérie pour les électrodes déposant un acier faiblement allié ou un acier inoxydable.

4,3 **Essais de recette des fils d'apport destinés au soudage oxyacétylénique et à l'arc sous atmosphère inerte avec électrodes réfractaires.**

4,31 ANALYSE CHIMIQUE.

L'analyse chimique des fils d'apport à l'état de livraison doit être conforme aux spécifications du tableau II.

4,32 APTITUDE A LA FUSION.

Cet essai est effectué conformément aux spécifications de l'annexe I.

4,4 **Essais de recette des électrodes enrobées pour soudage à l'arc.**

4,41 ÉLECTRODES DÉPOSANT UN ACIER NON ALLIÉ.

Les essais sont exécutés dans l'esprit des Normes Françaises A 81.309 et A 81.302.

Ils comportent :

- des contrôles dimensionnels;
- des essais d'aptitude à la fusion;
- des essais mécaniques sur métal déposé.

Les essais d'aptitude à la fusion sont exécutés suivant les conditions précisées à l'annexe II ci-après.

Éventuellement, le Constructeur peut exiger un essai de non-fissuration exécuté conformément à l'annexe III ci-après.

4,42 ÉLECTRODES DÉPOSANT UN ACIER FAIBLEMENT ALLIÉ.

Les essais sont exécutés et les résultats examinés dans l'ordre suivant :

4,421 *Contrôle dimensionnel.*

Vérification du diamètre de l'âme, du centrage et de la constance de l'épaisseur de l'enrobage suivant la technique définie à l'article 13 de la Norme Française A 81.309.

4,422 *Essais d'aptitude à la fusion.*

Ces essais, ainsi que les résultats à obtenir, sont indiqués à l'annexe II.

4,423 *Essai de non-fissuration.*

Cet essai est exécuté conformément aux indications données à l'annexe III.

Aucune fissure ne doit apparaître dans la zone fondue du dépôt de soudure ou dans ses abords.

CONDITIONS DE RECETTE

**des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique**

**15
Mai
1965**

AIR

9114/A
8

4,424 *Essais mécaniques.*

Ces essais sont exécutés conformément aux indications données aux annexes III et IV, aux deux états d'emploi indiqués pour chaque type d'acier au tableau IV.

Les valeurs obtenues doivent être au moins égales à celles indiquées au tableau IV.

4,425 *Essais d'aptitude à la trempe (facultatif).*

Ces essais sont exécutés conformément aux indications de l'annexe VI, ils peuvent être exigés par le Constructeur dans le cas où les électrodes sont destinées à des assemblages subissant un traitement thermique après soudage.

4,43 *ÉLECTRODES DÉPOSANT UN ACIER INOXYDABLE.*

Les essais sont exécutés dans l'ordre suivant :

4,431 *Contrôle dimensionnel.*

Vérification du diamètre de l'âme, du centrage et de la constance de l'épaisseur de l'enrobage suivant les spécifications de l'article 13 de la Norme Française A 81.309.

4,432 *Essais d'aptitude à la fusion.*

Ces essais sont exécutés conformément à l'annexe II. L'opérateur ne doit pas rencontrer de difficultés particulières au cours de ces essais.

4,433 *Composition chimique.*

L'analyse chimique sera exécutée en tenant compte des dispositions de l'annexe V. Les résultats doivent être conformes aux valeurs fixées au tableau V.

4,434 *Corrosion intergranulaire.*

Cet essai sera effectué sur demande du Constructeur; les conditions d'essai seront alors définies en commun accord par le Constructeur et le fabricant d'électrodes.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
 Mai
 1965

AIR

9114/A

9

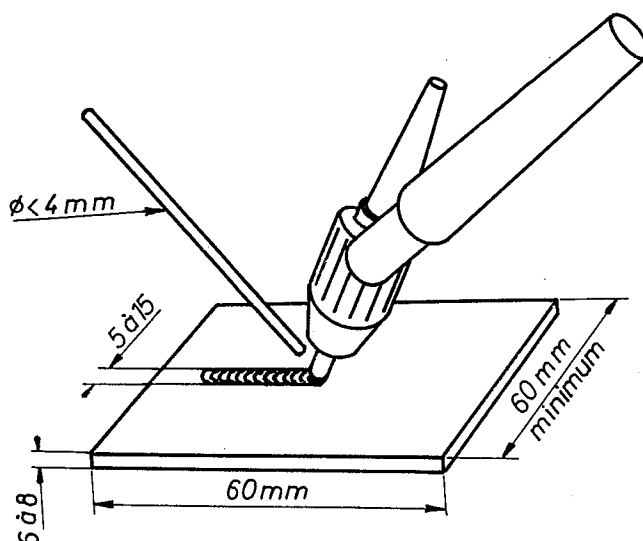
ANNEXE I

APTITUDE A LA FUSION DES FILS D'APPORT

Cet essai consiste à exécuter un dépôt de métal fondu avec le fil présenté en recette en utilisant le procédé auquel il est destiné. Si le fil est destiné à plusieurs procédés chacun d'eux devra être expérimenté.

Utiliser comme support une tôle d'acier non allié de 6 à 8 mm d'épaisseur et d'au moins 60 mm de côté dont la surface est préalablement meulée pour éliminer la calamine.

Fondre le fil à essayer de façon continue et régulière de façon à obtenir, sans fondre la tôle, une chenille de métal déposé de 5 à 15 mm de largeur et de 3 à 5 mm d'épaisseur; utiliser la méthode dite « à droite ».



Suivant la destination du métal, on utilise :

— soit un chalumeau oxyacétylénique, de 70 à 140 litres/heure de débit d'acétylène, alimenté avec une bouteille d'acétylène dissous;

— soit une torche manuelle de soudage à l'arc sous atmosphère inerte avec électrode réfractaire (procédé TIG) fonctionnant dans les conditions suivantes :

- électrode de tungstène de $\varnothing 1,6 \text{ mm}$;
- intensité 20 à 60 ampères environ;
- débit d'argon de 6 à 8 litres/minute;
- buse de $\varnothing 13 \text{ mm}$ intérieur;

— soit une machine automatique de soudage à l'arc sous atmosphère inerte fonctionnant dans les conditions voisines de celles indiquées ci-dessus.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A
10

Résultats.

La fusion doit être calme sans rochage ni scories et ne produire que très peu de projections d'étincelles.

Les dépôts doivent être compacts. Cette condition est vérifiée par meulage ou limage fin des dépôts jusqu'à mi-épaisseur.

Les fils, destinés au soudage par le procédé TIG automatique, doivent se dérouler sans difficulté dans le système d'entraînement et dans la gaine de guidage de la machine à laquelle ils sont destinés.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR**9114/A****11**

ANNEXE II

ESSAIS D'APTITUDE A LA FUSION DES ÉLECTRODES ENROBÉES.

Les essais seront exécutés par un soudeur dont la qualification est au moins égale à celle d'un soudeur de classe 2 ou 3 pour le soudage à l'arc avec électrodes enrobées et pour la catégorie des métaux correspondant à l'emploi des électrodes à essayer (voir le Règlement AIR 0191 concernant le « contrôle de qualification de la main-d'œuvre affectée au soudage par fusion dans les constructions aéronautiques »).

Les éprouvettes seront en acier de nature correspondant aux électrodes à essayer.

Le soudeur qualifié exécute les épreuves définies dans le tableau ci-dessous. L'électrode doit être d'amorçage facile avec fusion concentrique de l'enrobage et projections modérées. Le laitier doit être facilement éliminé. Les vagues de solidification doivent être modérément marquées. Les caniveaux doivent pouvoir être facilement évités par le soudeur.

DIAMÈTRE des ÉLECTRODES	NUMÉRO DES ESSAIS (v. schémas)	ESSAIS A EXÉCUTER	RÉSULTATS PARTICULIERS A OBTENIR	EXAMEN A EFFECTUER
1,6 mm	1	Soudage bord à bord à plat de deux tôles de 1,5 mm d'épaisseur, une passe.	Obtention d'un cordon de pénétration régulier.	Radiographie.
	2	Soudage en angle intérieur de deux tôles de 4 mm d'épaisseur; l'une à plat, l'autre verticale, une passe.		Rupture du cordon par flexions alternées. Examen de la texture.
2 et 2,5 mm	3	Soudage bord à bord à plat de deux tôles de 2 mm d'épaisseur, une passe.	Obtention d'un cordon de pénétration régulier.	Radiographie.
	4	Soudage en angle intérieur de deux tôles de 4 mm d'épaisseur; l'une à plat, l'autre verticale, une passe.		Rupture de cordon par flexions alternées. Examen de la texture.
	5	Soudage en angle intérieur en montant de deux tôles de 4 mm d'épaisseur, une passe.		Rupture du cordon par flexions alternées. Examen de la texture.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

12

DIAMÈTRE des ÉLECTRODES	NUMÉRO DES ESSAIS (v. schémas)	ESSAIS A EXÉCUTER	RÉSULTATS PARTICULIERS A OBTENIR	EXAMEN A EFFECTUER
3,2 et 4 mm	6	Soudage bord à bord à plat de deux tôles de 10 mm d'épaisseur avec chanfrein à 80°, passes multiples.	<i>Avec électrodes de \varnothing 3,2 : obtention d'un cordon de pénétration régulier.</i> <i>Avec électrodes de \varnothing 4 : manques de pénétration admissibles.</i>	Entaillage du cordon et cassure, par flexions alternées. Examen de la texture.
	7	Soudage en angle intérieur en montant de deux tôles de 8 mm d'épaisseur, une passe.		Rupture du cordon par flexions alternées. Examen de la texture.
5 mm et au-dessus	8	Soudage en angle intérieur en gouttière de deux tôles de 10 mm d'épaisseur, une passe.		Rupture du cordon par flexions alternées. Examen de la texture.

L'essai de texture doit être exécuté suivant les indications de l'annexe II du Règlement AIR 9112. Le rapport A/S doit être $\leq 2/100$.

Cependant on ne tiendra pas compte des manques de pénétration pour l'évaluation de la section des défauts.

Pour les essais n^{os} 1 et 3 sur tôles de 1,5 et 2 mm d'épaisseur, on effectue un examen radiographique à défaut de l'examen de texture.

Les résultats de ces essais sont jugés en fonction de la valeur du rapport de la section totale apparente des porosités à la surface totale du cordon de soudure. Ces deux valeurs étant mesurées sur la radiographie. Le rapport doit être $\leq 2/100$.

La radiographie doit être de qualité telle que le trou de 0,125 mm de l'indicateur de qualité d'image, conforme à la Norme Française A 04.304, doit être visible sur l'image.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

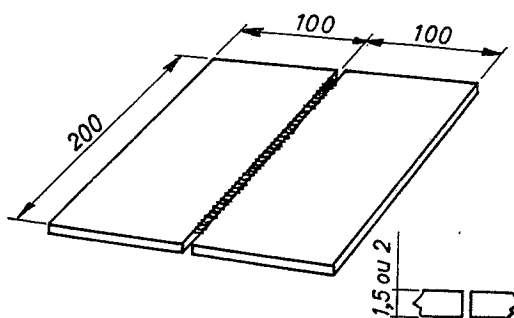
15
Mai
1965

AIR

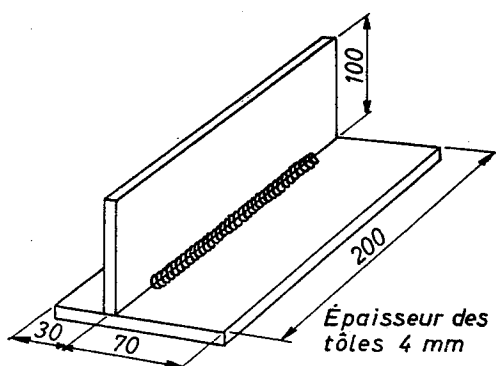
9114/A

13

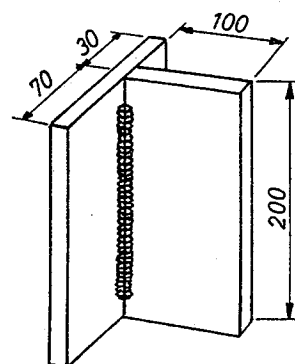
Essais d'aptitude à la fusion des électrodes enrobées



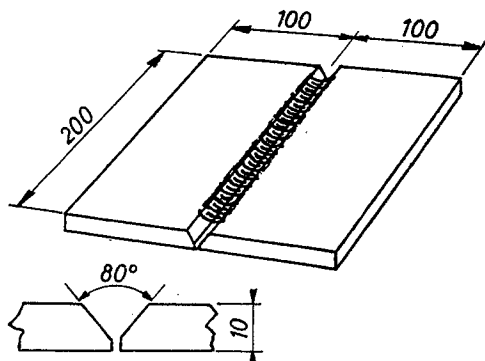
Essais n° 1 et 3



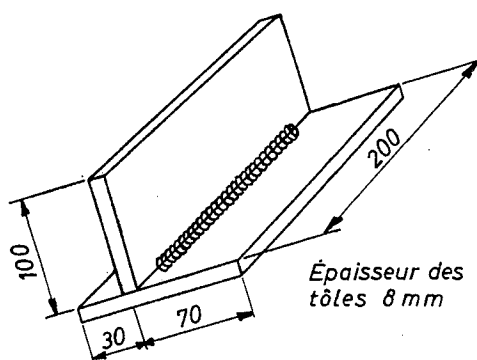
Essais n° 2 et 4



Essais n° 5 et 7



Essai n° 6



Essai n° 8

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A
14

ANNEXE III

ESSAIS DE NON-FISSURATION POUR ÉLECTRODES ENROBÉES

Deux éprouvettes d'essai de dimensions conformes au croquis 1 de la planche ci-après sont prélevées dans une tôle de 4 mm d'épaisseur, répondant aux spécifications du Règlement AIR 9113, et reconnue non fissile, en acier 25 CD 4 S ou 15 CDV 6, selon l'électrode à essayer.

Suivant l'acier, les éprouvettes subissent un traitement de trempe et de revenu conforme aux indications portées au tableau IV.

Dans chaque éprouvette, on prépare ensuite une saignée par meulage ou fraisage conformément aux croquis 2 et 3, chaque plaque étant bridée dans un montage conforme au croquis 4. Un dépôt est exécuté dans la gorge avec une ou plusieurs des électrodes à essayer, étuvées conformément aux indications du fabricant.

Un préchauffage à 150° C, contrôlé par crayons à virage coloré, est appliqué à la totalité du montage et de l'éprouvette avant soudage.

Le remplissage de la gorge est exécuté de A à B en plusieurs passes larges suivant le diamètre des électrodes :

- 4 passes pour les électrodes de \varnothing 1,6 mm;
- 3 passes pour les électrodes de \varnothing 2 mm;
- 1 seule passe pour les électrodes de \varnothing 2,5 mm et plus.

Après complet refroidissement, chaque éprouvette, libérée du montage, est sablée ou décapée chimiquement. Les soudures sont examinées par ressuage fluorescent. Aucune fissure ne doit apparaître (cependant les petites fissures de cratère sont tolérées).

Après ce premier examen, une nouvelle saignée est préparée de la même manière sur la face opposée de chaque éprouvette.

Un autre dépôt semblable au premier y est exécuté également de A à B.

Ces dépôts sont également soumis à l'examen par ressuage fluorescent.

Si les résultats sont favorables, l'éprouvette est utilisée pour le prélèvement des éprouvettes d'essais mécaniques.

CONDITIONS DE RECETTE

**des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique**

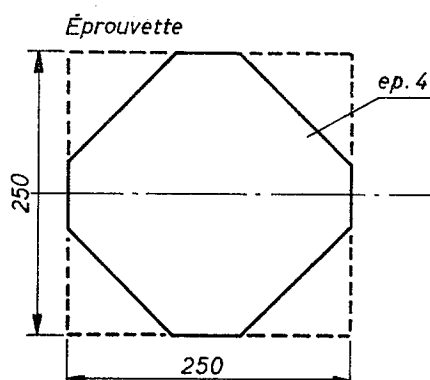
**15
Mai
1965**

AIR

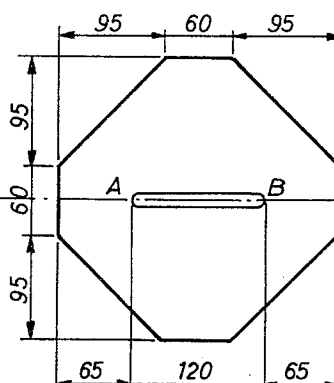
9114/A

15

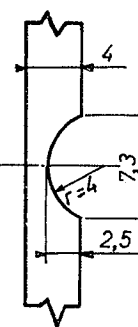
Essais de non-fissuration pour électrodes enrobées



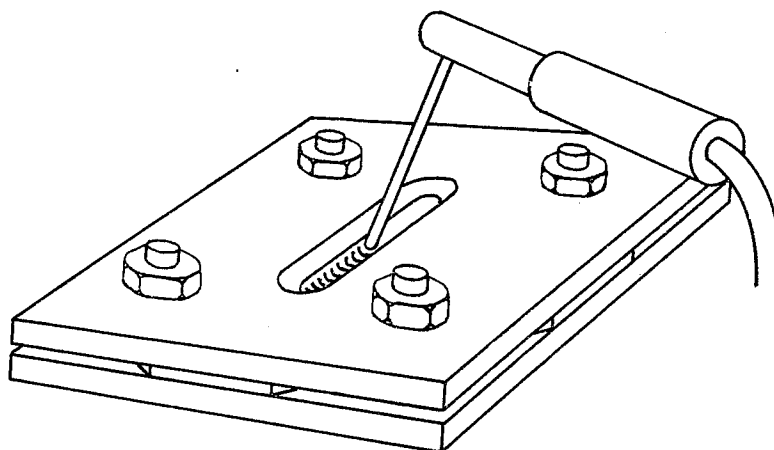
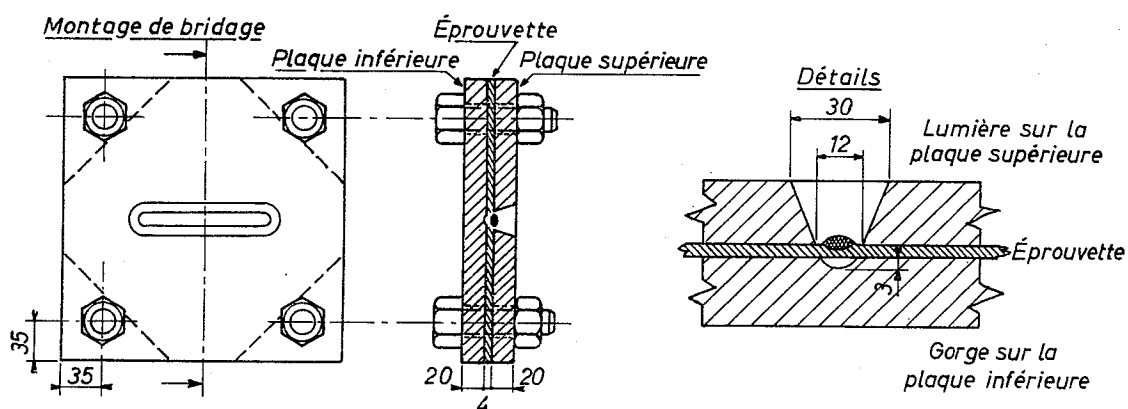
Croquis 1



Croquis 2



Croquis 3



Croquis 4

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

16

ANNEXE IV

ESSAIS MÉCANIQUES POUR ÉLECTRODES ENROBÉES
DÉPOSANT UN ACIER FAIBLEMENT ALLIÉ

Les tôles utilisées pour les essais ci-après doivent répondre aux spécifications du Règlement AIR 9113.

Deux séries d'éprouvettes pour essais mécaniques sont à exécuter :

a) la première série des éprouvettes est prélevée sur des tôles de 4 mm ayant subi le traitement thermique de trempe et revenu spécifié au tableau IV et recevant ensuite les dépôts exécutés avec les électrodes à essayer;

b) la seconde série des éprouvettes est prélevée sur des tôles de 4 mm recevant les dépôts exécutés avec les électrodes à essayer et subissant ensuite le traitement thermique.

Chaque série d'éprouvettes nécessite l'exécution de deux soudures suivant les conditions d'exécution imposées pour les essais de non-fissuration.

Les plaques soudées pour les essais de non-fissuration peuvent être utilisées pour la confection de la série d'éprouvettes a) indiquée ci-dessus.

Pour la confection des plaques soudées nécessaires au prélèvement des éprouvettes de la série b), le même processus d'exécution sera respecté mais le traitement thermique ne sera effectué qu'après soudage.

Avant usinage des éprouvettes, toutes les plaques soudées seront soumises à un étuvage à 250° C pendant au moins six heures et au plus seize heures.

Ce traitement a pour objet une élimination rapide de l'hydrogène contenu dans le métal déposé.

Pour chaque série, les éprouvettes seront découpées dans les plaques suivant le tracé indiqué sur la planche ci-après.

Pour les éprouvettes de traction transversale, le cordon de soudure n'est pas arasé; on détermine uniquement la charge de rupture rapportée à la section calibrée de l'éprouvette en dehors du cordon.

Pour les éprouvettes de traction longitudinale, le cordon de soudure est arasé. Les dimensions de la partie calibrée de l'éprouvette ne doivent pas être respectivement inférieures à 7,7 et 3,7 mm. On détermine la charge de rupture, la limite élastique à 0,2 % d'allongement rémanent et l'allongement (distance entre repères 31 mm).

Résultats.

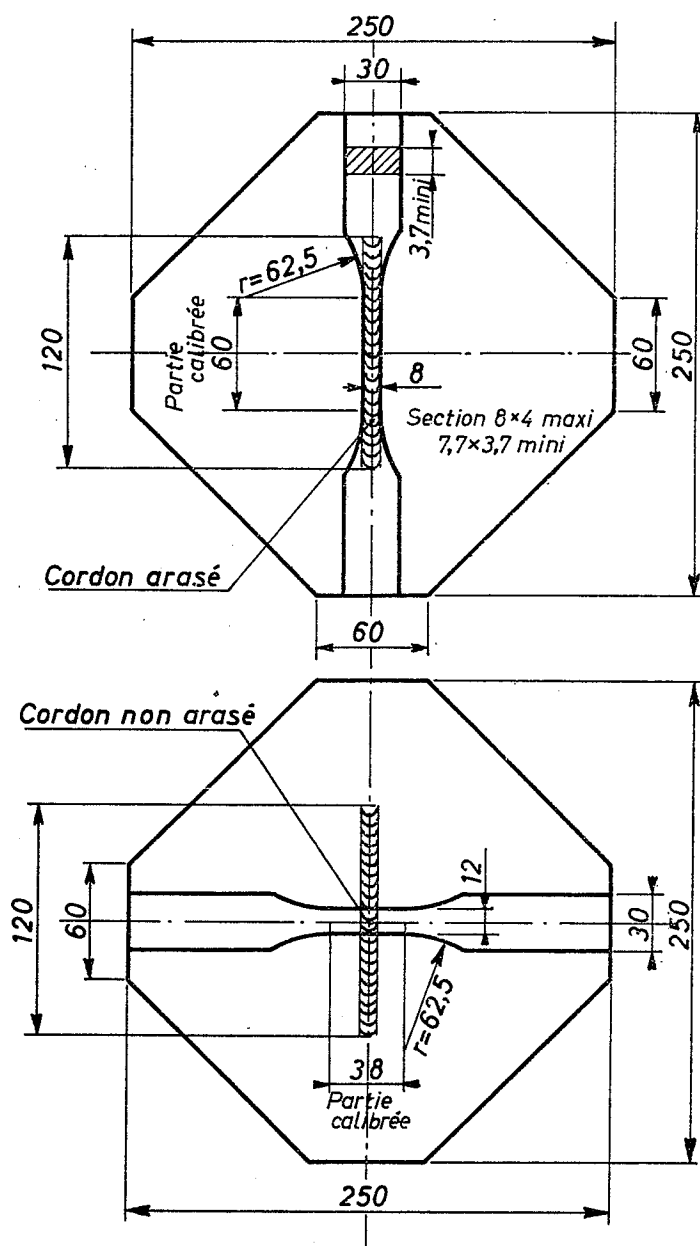
Les caractéristiques mécaniques obtenues sur les deux types d'éprouvettes doivent être au moins égales aux valeurs indiquées au tableau IV, paragraphe 3,23.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR 9114/A
17

Essais mécaniques pour électrodes enrobées déposant un acier faiblement allié



CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

18

ANNEXE V

**EXÉCUTION DES DÉPÔTS POUR ANALYSE CHIMIQUE DU MÉTAL DÉPOSÉ
PAR DES ÉLECTRODES POUR ACIERS INOXYDABLES**

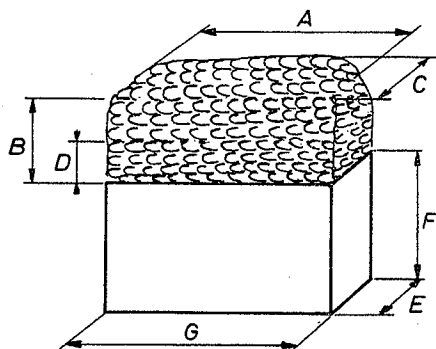
Un « lingotin » parallélépipédique est constitué par des dépôts successifs, avec des électrodes du lot à essayer, sur un support en tôle d'acier. L'opérateur doit laisser refroidir chaque dépôt avant d'entreprendre le suivant.

Le schéma et le tableau ci-après précisent les cotes à respecter en fonction du diamètre des électrodes.

La nature du courant et son réglage seront conformes aux instructions d'emploi des électrodes.

Le prélèvement des copeaux pour analyse est obtenu, après élimination de la couche d'oxyde superficielle, soit par rabotage, soit par perçage, le volume du métal prélevé ne devant pas dépasser le plan défini par la cote D.

DIAMÈTRE DES ÉLECTRODES (en mm)	COTES APPROXIMATIVES (en mm)						
	DÉPÔT				SUPPORT		
	A	B	C	D	E	F	G
$\varnothing \leq 2,5$	40	25	6 à 8	6	10	30	50
$\varnothing > 2,5$	50	25	8 à 10	10	10	40	60



CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

19

ANNEXE VI

ESSAI D'APTITUDE A LA TREMPÉ

Cet essai a pour but d'apprécier la trempabilité du métal déposé par rapport à celle du métal de base, pour les électrodes destinées au soudage des aciers faiblement alliés.

L'essai utilisé est une variante de l'essai Jominy défini par le projet de Norme Française PN A 04.303.

Les modifications apportées à cet essai sont les suivantes :

1 Préparation de l'éprouvette.

Dans une ébauche de \varnothing 35 mm et de 150 mm de longueur en acier 15 CDV 6 ou 25 CD 4 S répondant aux spécifications du Règlement AIR 9113, usiner deux gorges de formes définies par la figure 1 ci-après.

Après chauffage à 150° C, contrôlé par crayon à virage coloré, exécuter une seule passe de soudure dans la petite gorge. Procéder par dépôts en passe large avec les électrodes de diamètre inférieur ou égal à 2,5 mm et en passe étroite pour les électrodes de diamètre supérieur. Eviter les arrêts et les reprises de soudure dans la partie centrale du dépôt. Le dépôt ne remplit pas nécessairement la gorge lorsqu'il s'agit d'électrodes de petit diamètre.

Après refroidissement complet à la température ambiante puis nouveau préchauffage à 150° C également contrôlé, remplir la grande gorge par passes étroites successives. Eviter les arrêts et reprises de soudure dans la partie centrale du dépôt.

Usiner ensuite l'éprouvette aux dimensions indiquées par le projet de Norme Française PN A 04.303.

2 Traitement thermique.

Le traitement de trempe est exécuté conformément aux articles 4 et 5 du projet de Norme Française PN A 04.303.

Après la trempe on soumet l'éprouvette à un traitement de revenu suivant :

550° C pendant 1 heure 30 avec arrêt à l'air pour l'acier 25 CD 4 S;

650° C pendant 2 heures avec arrêt à l'air pour l'acier 15 CDV 6.

3 Mesure de la dureté.

L'éprouvette trempée est préparée pour la mesure en faisant sur quatre génératrices à 90° un méplat obtenu par meulage de 0,4 mm de profondeur.

Ce meulage est fait en premier lieu en partant de l'axe du dépôt exécuté dans la petite gorge (fig. 2). Ce dépôt est repéré par réactif à l'acide nitrique à 5 % en solution dans l'eau.

Un autre méplat est exécuté à 180° par rapport au premier, sur le dépôt exécuté dans la grande gorge. Deux autres méplats sont effectués, sur le métal de base, à 90° de part et d'autre du premier. Les mesures sont effectuées sur trois méplats (cordons et métal de base) conformément aux indications de l'article 6 du projet de Norme Française PN A 04.303.

CONDITIONS DE RECETTE
des métaux d'apport et des électrodes pour le soudage par fusion
des aciers utilisés en construction aéronautique

15
Mai
1965

AIR

9114/A

20

4 **Résultats.**

Les courbes de dureté correspondant aux mesures sur les trois méplats sont tracées sur le même graphique (fig. 3). Les courbes relatives aux mesures de dureté sur le métal d'apport ne doivent pas s'écarter de ± 10 points Rockwell C de la courbe de dureté du métal de base.

Essai d'aptitude à la trempe

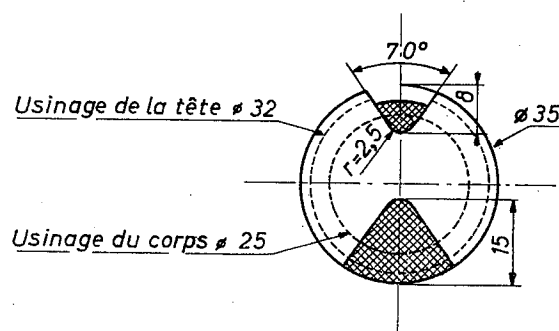


Fig. 1. — Coupe avant usinage

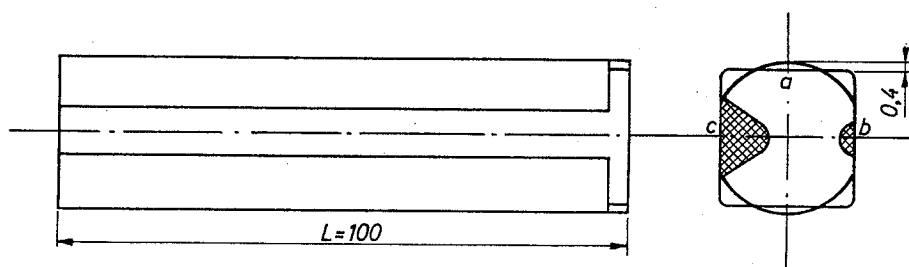


Fig. 2. — Coupe après usinage

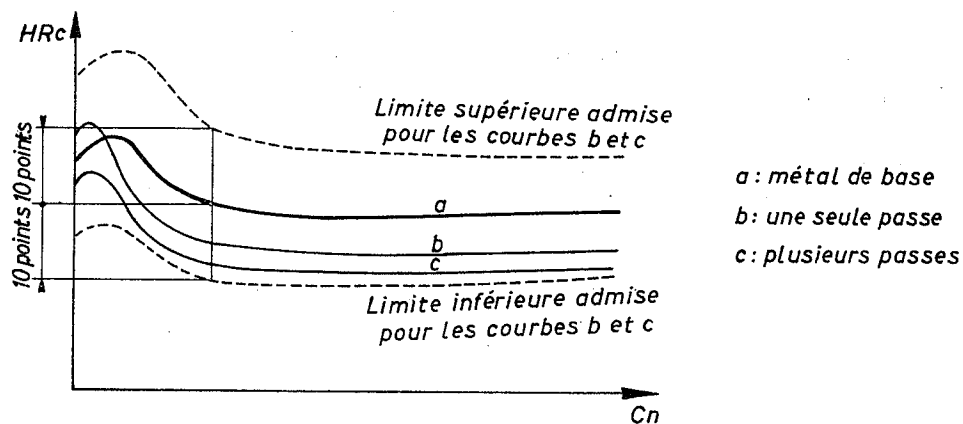


Fig. 3. — Courbes de dureté