

2 Le soudage en phase solide

2.1 Généralités

Le soudage en phase solide est la classe de procédés dans lesquels deux surfaces sont jointes sans ni fondre le métal de base ni ajouter un métal d'apport fondu.

Les procédés de soudage en phase solide ont été développés avant ceux passant par une phase liquide à cause des exigences d'apport d'énergie moins sévères pour les premiers. Un exemple bien connu est le soudage par forgeage qui était utilisé dans la fabrication d'armes déjà dans les temps très reculés.

Dans les procédés de soudage en phase solide les joints sont établis par au moins un des trois mécanismes suivants:

1. Un *mouvement relatif* des deux pièces à joindre donne lieu au cisaillement des points de contact, produisant des régions non-contaminées qui sous pression forment des joints métalliques entre les pièces. Ce mécanisme intervient dans les procédés de soudage par friction et soudage par ultrason.
2. Une *déformation coordonnée* des deux pièces à joindre produit des régions non-contaminées qui sous pression forment des joints métalliques entre les pièces. Cela est le cas pour le soudage par explosion et le soudage par pression à chaud et à froid.
3. La diffusion préférentielle suscitée par une force qui met l'interface sous pression permet de réduire le volume de pores entre les surfaces à joindre. Ceci est utilisé dans le soudage par diffusion.

Les procédés de soudage en phase solide—sauf le soudage par diffusion—nécessitent donc toujours une déformation très importante, ce qui limite ces procédés aux métaux ductiles et aux géométries simples.

Pour des matériaux mous, la déformation se réalise déjà à température basse tandis que pour des matériaux à limite élastique plus élevée une augmentation de température qui abaisse la limite d'écoulement est nécessaire. Une température élevée facilite aussi certains mécanismes favorables au soudage complet, p. ex. la diffusion des atomes et la recristallisation. La dernière sert surtout à augmenter la ductilité du joint.

En revanche, puisque aucune phase liquide n'est présente et la température reste souvent largement en dessous du point de fusion les pièces à souder peuvent garder au moins partiellement leurs microstructures et leurs propriétés mécaniques ne sont donc pas ou que peu détériorées.

En plus, ces procédés se prêtent pour joindre des matériaux dissemblables, notamment avec des larges différences de point de fusion. Ce dernier point est un avantage considérable par rapport aux procédés passant par une phase liquide. En outre, des microstructures de solidification sont évitées.

2.2 Les procédés de soudage en phase solide

2.2.1 Le soudage par friction

Le soudage par friction utilise la déformation relative des deux pièces à souder pour produire des interfaces non-contaminées. En même temps, l'énergie dissipée par frottement chauffe les interfaces pour faciliter leur cisaillement. Pour des géométries cylindriques, le mouvement est en général fait par une rotation ce qui permet de garder pendant tout le cycle de soudage un alignement précis. Les deux pièces sont pressées l'une contre l'autre de manière que le mouvement relatif produise de la chaleur par frottement. Ensuite, la rotation est arrêtée et la pression est augmentée. Cela produit un joint forgé par déformation coordonnée. Un dessin schématisé du procédé est donné dans la figure 2.1.

Il existe plusieurs façons pour réaliser ce mouvement relatif:

- une partie tourne, l'autre est fixée
- les deux pièces tournent en sens opposé
- les deux pièces tournent à même vitesse et une troisième pièce au centre reste immobile (une sorte de métal d'apport) joignant ainsi les deux premières pièces

Un exemple pour le premier est la fabrication d'une soupape de moteur à explosion où les exigences au niveau résistance mécanique et chimique à température élevée pour le chapeau sont beaucoup plus sévères que pour le piston, cf. fig. 2.2a. Le deuxième est réalisé dans la production d'un arbre avec des diamètres différents, cf. figure 2.2b. De même, on peut joindre des tuyaux en soudant un troisième tuyau autour la jonction, fig. 2.2c.

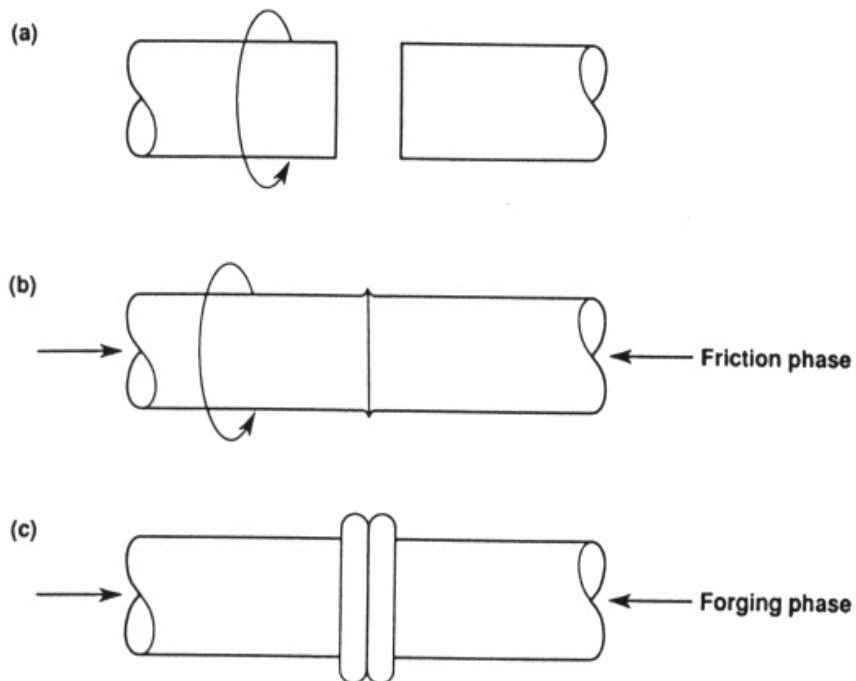


Fig. 2.1: Schéma du procédé de soudage par friction. a) phase d'accostage des pièces, b) phase de frottement, et c) phase de pression élevée, joint forgé.

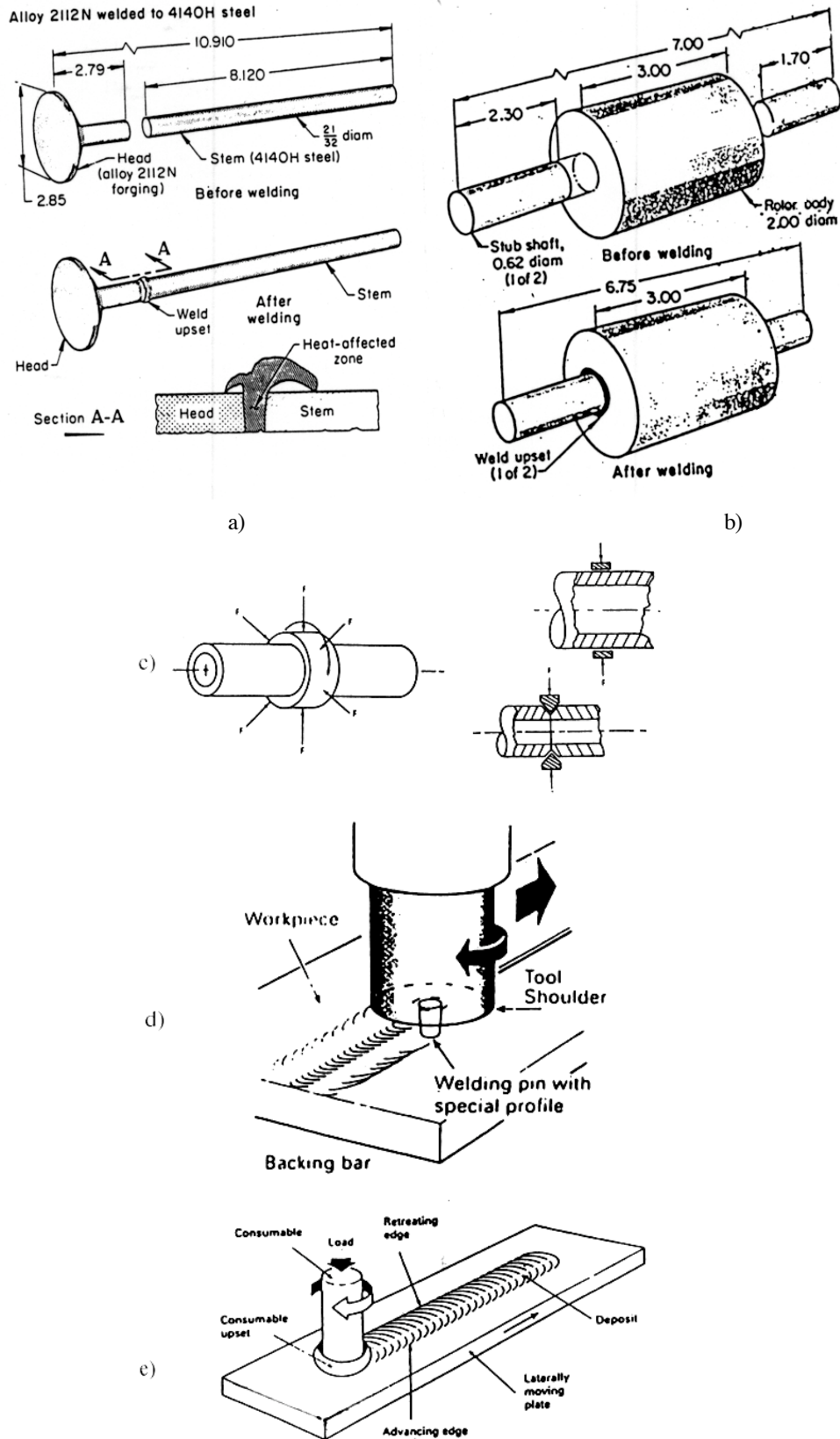


Fig. 2.2: Différentes réalisations du soudage par friction: a) soudage d'un chapeau de soupape sur un piston de moindre qualité; b) soudage d'un arbre à diamètre variant; c) tuyaux joints par soudage par friction radiale; d) soudage bout à bout de deux tôles par friction stir welding; e) dépôt d'une couche de métal.

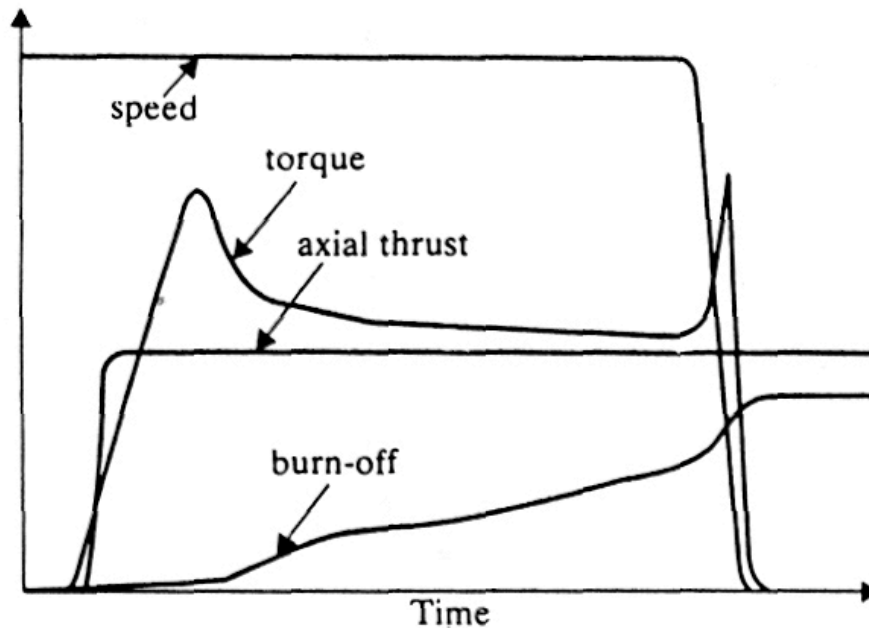


Fig. 2.3: Evolution des paramètres caractéristiques dans le soudage par friction. Dès que les pièces touchent le couple augmente. Dû à la friction, les pièces chauffent et la limite d'écoulement s'abaisse d'où aussi une diminution du couple. Lors de la phase finale, le mouvement relatif est arrêté et il suit le forgeage.

Tout récemment, un procédé voisin au soudage par friction permettant de joindre des tôles bout à bout a été introduit. Dans ce procédé—nommé friction stir welding—un piston tournant entre dans la fente entre les tôles et—de manière similaire à une fraiseuse—emporte par friction le métal qu'il touche en avançant dans la fente. Ce métal, empêché de sortir de la fente, est déposé derrière le piston, formant ainsi le joint, cf. fig. 2.2d. De même si le piston est fait d'un métal assez mou, on peut utiliser la technique pour plaquer un métal de base, cf. fig. 2.2e.

Les paramètres caractérisant ce procédé sont la vitesse de rotation et la pression ou le déplacement axial. En outre, la température à l'interface, les propriétés des matériaux à souder, et la présence de couches de contaminations sont des facteurs influençant la qualité du joint. Le couple transmis par le joint en découle en fonction de la géométrie des pièces et leurs propriétés mécaniques. L'évolution de ces paramètres est schématisée en fig. 2.3. L'ordre de grandeur pour la vitesse de rotation est de 1 à 10 m/s sur la périphérie de cylindre. Les pressions utilisées sont de 20 à 30 MPa pour les alliages Al et Cu, 36 pour le titane, 70 pour les aciers et montent jusqu'à 200 pour les alliages nickel (dû à leur limite élastique élevée à haute température). Ces pressions sont à peu près doublées lors du forgeage à la fin du cycle.

La résistance mécanique d'un joint fait par soudage par friction est de même ordre voire plus haute que celle du métal de base.

Le soudage par friction se prête bien pour joindre des matériaux semblables et dissemblables avec des dimensions proches. Les restrictions sont surtout (i) la ductilité nécessaire pour parvenir à des taux de déformation élevés; (ii) il ne doit pas y avoir d'autolubrifiant dans le métal comme le graphite dans la fonte ou le plomb dans certains alliages cuivreux; (iii) la géométrie

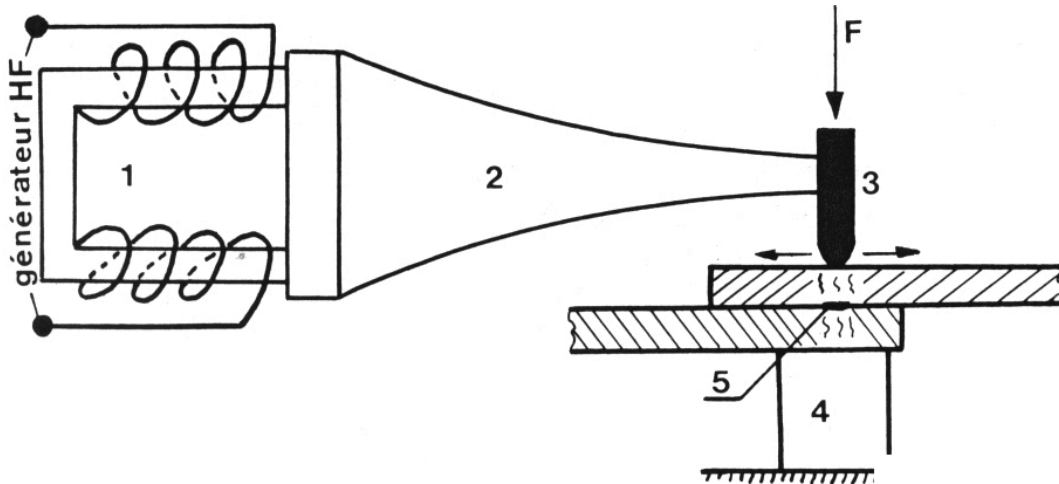


Fig. 2.4: Schéma du procédé de soudage par ultrason. La sonotrode appuie la pièce à souder sur la pièce de base. Un mouvement latéral de faible amplitude mais à haute fréquence engendre la jonction (1. transducteur, 2. transformateur de vitesse amplificateur, 3. sonotrode, 4. enclume, 5. point d'impact).

(tôles ou pièces cylindriques) et (iv) l'histoire thermique qui peut susciter la formation d'une zone thermiquement affectée (ZTA).

Bien que le soudage par friction permette de joindre des métaux dissemblables, certaines combinaisons de métal posent des problèmes au plan métallurgique. Ce sont notamment des couches de contamination qui doivent impérativement être enlevées. De plus, certaines combinaisons de métaux forment une phase liquide à basse température, leur présence dans le joint n'est donc pas favorable à la qualité. Ceci inclut les combinaisons Fe-Ti et Al-Mg. Il est également possible que des intermétalliques soient formés pendant le soudage par friction. Ils sont normalement fragiles et nuisent donc à la ductilité du joint. Finalement, des différences dans l'expansion thermique entre les deux métaux donnent lieu à des contraintes résiduelles.

Les problèmes mentionnés ci-dessus peuvent être résolus en plaçant entre les pièces une couche intermédiaire qui est compatible avec les deux métaux à joindre.

2.2.2 Le soudage par ultrason

Un procédé voisin du soudage par friction est le soudage par ultrason. La chaleur et la déformation nécessaire à la production de la surface métallique non-contaminée est générée par une oscillation latérale d'une pièce par rapport à l'autre pièce à souder. Cette oscillation, d'une fréquence de quelques 50 kHz, est induite par une sonotrode activée par un élément piézo ou par une bobine (système haut-parleur). Le procédé et les éléments importants sont schématisés en figure 2.4.

Le joint est établi en plusieurs étapes: tout d'abord les pièces sont mises en contact et une pression est appliquée. Le mouvement latéral forcé casse les couches superficielles permettant un contact métal-métal entre les pièces. La friction entre les deux surfaces chauffe les pièces et des mécanismes auxiliaires au soudage comme la diffusion et la recristallisation ont lieu. Il en suit une microstructure très fine près de l'interface, cf. figure 2.5.

Les caractéristiques du soudage par ultrason sont notamment qu'il permet de souder des pièces ayant des dimensions très différentes et en même temps très fines, cf. fig. 2.5, ce qui n'est pas

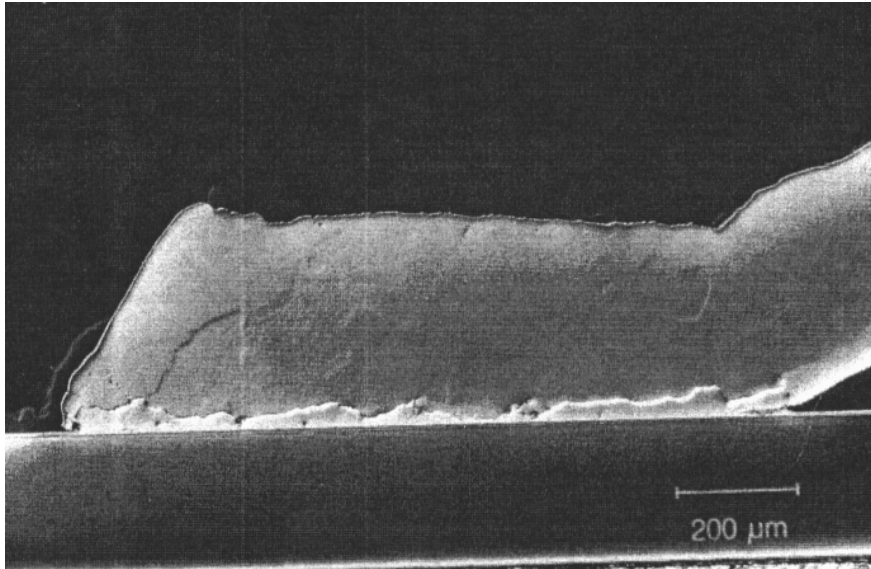


Fig. 2.5: Microstructure dans une soudure par ultrason dans un IGBT module. La recristallisation et donc la fine microstructure est limitée à une couche très mince.

possible avec le procédé standard de soudage par friction. Par contre, les joints sont toujours des joints par recouvrement, tandis que le soudage par friction favorise la soudure bout à bout. Une autre différence par rapport au soudage par friction est que la pièce oscillante doit être de faibles dimensions car l'accélération alternée de grandes masses nécessiterait des entraînements très puissants.

Par rapport au soudage par résistance l'énergie dissipée est plus faible dans le soudage par ultrason surtout dans le cas de matériaux ayant une bonne conductivité électrique comme le cuivre et l'aluminium.

	Al	Be	Cu	Ge	Au	Fe	Mg	Mo	Ni	Pd	Pt	Si	Ag	Ta	Sn	Ti	W	Zr
Al alloys	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Be alloys	●	●			●											●		
Cu alloys	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●		●			●	●	●
Ge		●									●							
Au	●	●			●	●			●	●	●	●	●			●	●	●
Fe alloys	●				●	●	●	●	●	●			●	●		●	●	●
Mg alloys						●							●			●		
Mo alloys	●	●									●			●		●	●	●
Ni alloys	●	●												●		●	●	
Pd	●												●	●				
Pt alloys	●	●											●	●		●	●	
Si													●	●				
Ag alloys													●	●				●
Ta alloys													●	●		●	●	
Sn															●			
Ti alloys																●	●	
W alloys																	●	
Zr alloys																		●

Fig. 2.6: Soudabilité par ultrason de quelques combinaisons de métaux. L'aluminium est soudable sur tous les métaux de base.

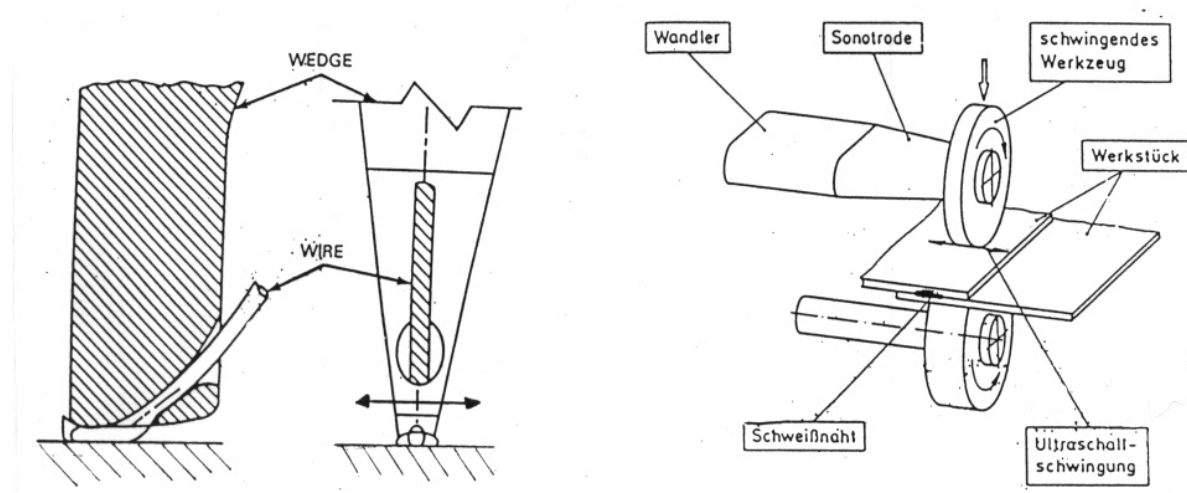


Fig. 2.7: Plusieurs dispositions de soudage par ultrason. a) soudage par point dans des connecteurs électroniques et b) arrangement pour le soudage par ligne de deux papiers métalliques avec une sonotrode révoltante.

Un autre avantage du soudage par ultrason est qu'il permet de souder à travers des couches d'oxydes (sauf l'oxyde de titane qui est normalement très épais) et ne nécessite donc pas absolument de nettoyage avant la soudure, ni de flux, ni d'atmosphère protectrice. Néanmoins, la qualité du joint est encore améliorée si les contaminations sont éliminées avant le soudage.

L'application du soudage par ultrason n'est pas seulement limitée par la dimension de la plus petite pièce (voir en haut) mais aussi par la ductilité du métal à souder. En figure 2.6, une vue d'ensemble de la soudabilité de quelques métaux entre eux est donnée. On voit bien que les métaux les plus ductiles, p. ex. l'aluminium et les alliages cuivreux, sont soudables avec à peu près n'importe quel autre métal. Des matériaux avec une ductilité très limitée sont quand même soudables si on les recouvre avec une couche de métal plus mou ou en utilisant une feuille intermédiaire en métal bien ductile, qui se joint ensuite avec les deux pièces. En soudant des structures par ultrason il faut tenir compte de la fréquence de résonance de la structure: elle doit être éloignée de la fréquence utilisée pour souder, sinon la structure risque d'être endommagée.

Selon la géométrie de la sonotrode, une variété de géométries de soudure peut être réalisée par ultrason. Quelques exemples sont donnés en figure 2.7. Pour joindre des fils à une surface—application standard dans la microélectronique—des joints par points sont faits. Pour connecter deux papiers métalliques, une sonotrode sous forme de roue est utilisée. La pointe de la soudure est continuellement avancée en déroulant la sonotrode formant ainsi un joint en ligne.

2.2.3 Le soudage par explosion

Le soudage par explosion consiste en une collision de haute énergie de deux surfaces inclinées l'une par rapport à l'autre ce qui induit un écoulement hydrodynamique des deux surfaces. Le métal "frais" sortant de cet écoulement se joint avec celui de la plaque accélérée.

La figure 2.8a met en évidence l'arrangement lors du soudage par explosion. L'explosif est placé sur une plaque ou une tôle supérieure qui est elle-même placée à une certaine distance de la pièce de base sur laquelle la tôle va être soudée. La collision est engendrée par la combustion de l'explosif. Lors de l'explosion, la tôle est accélérée par la différence de pression de gaz. En

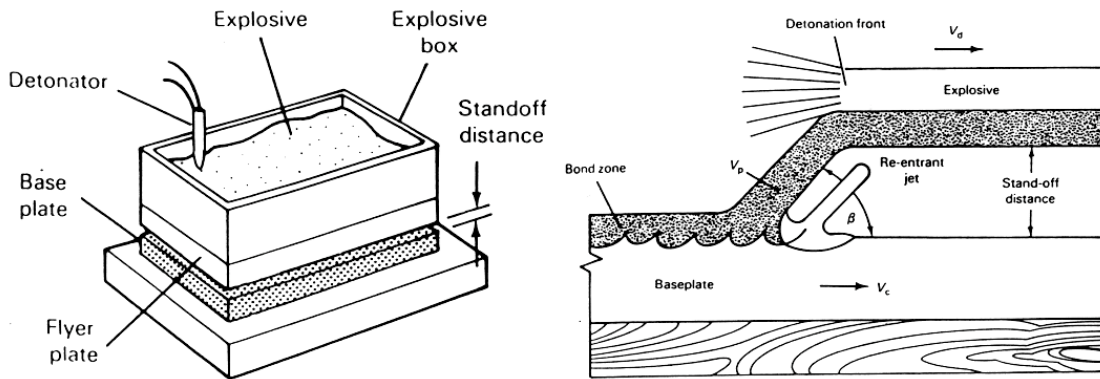


Fig. 2.8: a) schéma de l'arrangement dans le soudage par explosion. L'explosif est placé sur la tôle supérieure qui est posée à une certaine distance de la pièce de base; b) schéma détaillé du point de contact en cas de situation d'équilibre. Le point de contact avance avec la même vitesse que le front de détonation, $V_c = V_d$.

fonction de la densité et du type d'explosif—qui contrôle de manière globale l'augmentation du volume après l'explosion—cette différence de pression varie de 1 à 6 GPa.

Une fois que l'explosion a commencé, l'onde de détonation se propage à travers la tôle. Dans une situation d'équilibre dans la région du front de propagation la partie loin derrière le front est jointe avec la pièce de base. A l'avant du front, la plaque maintient sa distance initiale et juste derrière le front une transition entre les deux situations a lieu. Un paramètre important dans le soudage par explosion est l'angle de flexion dynamique, marqué β dans la figure 2.8b. Il est lié géométriquement à la vitesse V_d du front de détonation et à la vitesse V_p d'impact de la plaque sur la pièce de base par:

$$V_p = V_d \cdot \sin \beta \quad (1)$$

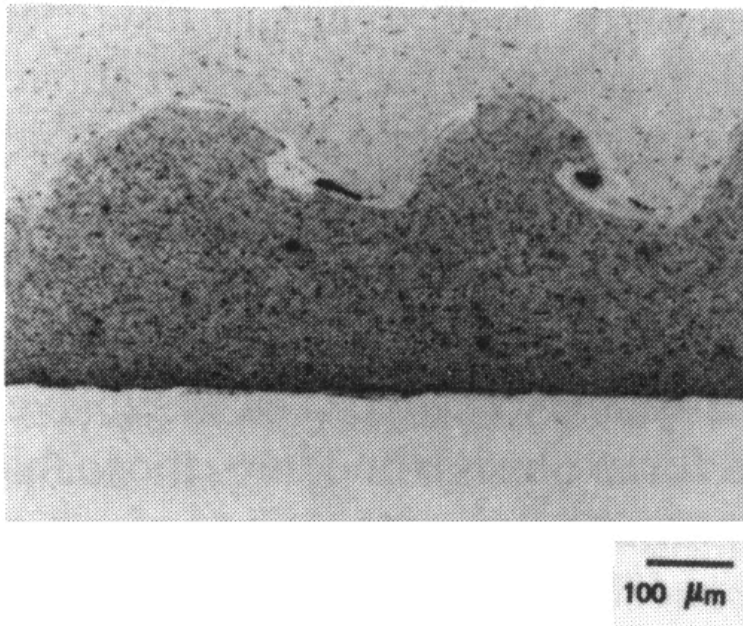
La vitesse du front de détonation V_d est une propriété de l'explosif et est liée à la pression P accélérant la plaque par

$$P \approx V_d^2 \cdot \rho_e \quad (2)$$

où ρ_e est la densité de l'explosif. Pour éviter des gradients de contraintes dans la tôle supérieure V_d est limité par conception à la vitesse du son en cisaillement dans le matériau utilisé. Celle-ci est pour les métaux entre 400 (dans Pb) et 1000 m/s (dans l'acier et l'alu p.ex.). La vitesse V_p au moment de l'impact avec la pièce de base est déterminée en supposant que la pression (donc la force par section) en dessus de la tôle est constante et en multipliant la masse par section (densité de la tôle) fois son épaisseur. On trouve:

$$V_p = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot P}{d \cdot \rho_t}} \quad (3)$$

où D , d , ρ_t sont la distance initiale, l'épaisseur de la tôle et sa densité, respectivement. Ensuite, avec l'équation (2):



5083 Al

3003 Al

316L
Stainless

Fig. 2.9: Interface ondulée après le soudage par explosion. Aux pointes des vagues des régions localement fondues sont observées. Dans des structures multicouches, on peut trouver différents types d'interface en fonction de la distance initiale et des propriétés mécaniques des deux partenaires comme est le cas pour le joint 3003 Al/316L acier inoxydable.

$$V_p \approx V_d \sqrt{\frac{2 \cdot D}{d}} \quad (4)$$

Pour l'angle de flexion dynamique β on trouve donc

$$\beta \approx \arcsin \sqrt{\frac{2 \cdot D}{d}} \quad (5)$$

Cet angle β est responsable du type de joint qui va s'établir dans le soudage par explosion. Si β est trop petit, les contraintes de cisaillement dans l'interface sont faibles et il en suit un joint plat. A partir d'une certaine valeur de β , les contraintes de cisaillement extrudent un jet de métal de la surface qui entre en collision avec la plaque supérieure arrivant sur la pièce de base. Cet effet répété produit un joint qui est fortement ondulé, cf. fig. 2.9. De (5) il est évident que ceci est en principe contrôlé par la relation entre épaisseur de tôle supérieure d et distance initiale D entre la tôle et la pièce de base. Comme règle générale, la distance initiale D doit être au moins égale à l'épaisseur de la tôle supérieure pour engendrer un joint ondulé ce qui paraît préférable d'un point de vue stabilité mécanique du joint. Si la distance initiale D est trop grande, la tôle accélérée a trop d'énergie, fait qui nuit de nouveau la qualité du joint en engendrant délaminage et fusion locale.

La caractéristique de la microstructure à l'interface est que les grains sont allongés en direction de l'extrusion et qu'il y a une densité de dislocation élevée. Parfois, de petites zones fondues et résolidifiées sont trouvées aux pointes des ondes en combinaison avec des pores, cf. fig. 2.9, et les interfaces plates consistent en grande partie en une couche liquéfiée et résolidifiée. Néanmoins, pendant la formation du joint on observe peu de diffusion et d'autres effets activés thermiquement indiquant que peu de chaleur est produite pendant ce procédé.

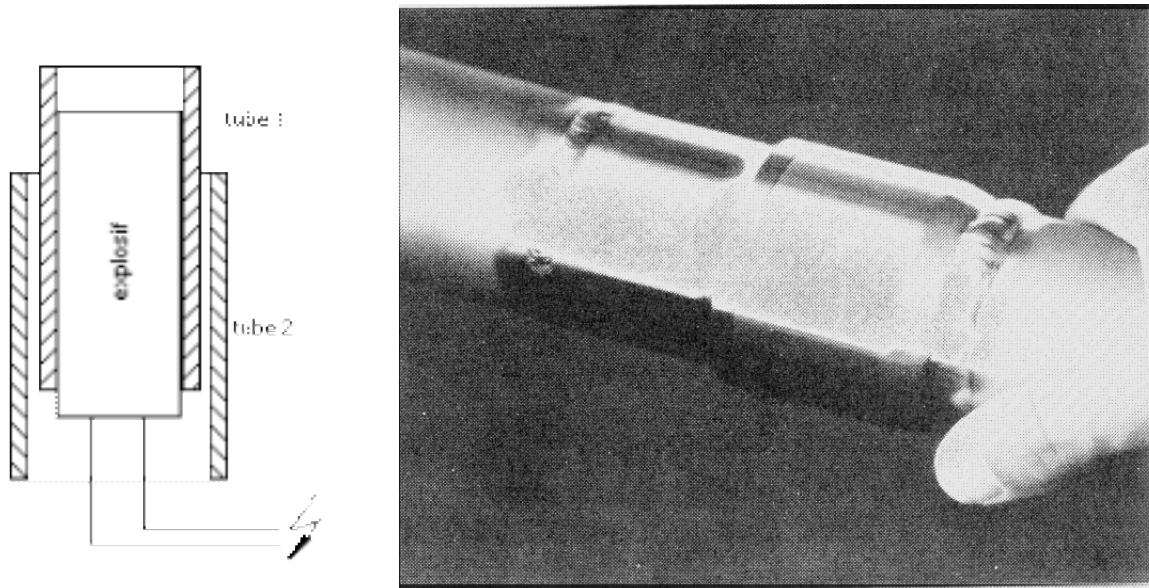


Fig. 2.10: Disposition alternative pour le soudage par explosion: connexion par recouvrement de deux tubes utilisée comme adaptation entre deux tubes de matériaux dissemblables.

C'est pour cela qu'il se prête bien pour joindre des matériaux dissemblables et même des combinaisons qui posent des problèmes métallurgiques comme ceux qui forment des eutectiques de température de fusion très basse ou des phases intermétalliques, cf. le système Fe-Ti et Fe-Al. En outre, il y a peu de matière affectée thermiquement et les joints sont donc de même ou de plus haute qualité (due à l'écroutissage) que les matériaux de base.

Les applications sont limitées par la ductilité requise du matériau dont est fait la tôle supérieure, limitation qui n'est pas aussi restrictive comme dans le cas du soudage par friction et le soudage par pression, dont on parlera plus tard. Quant à la géométrie, ce procédé est restreint à la jonction d'une tôle mince sur une pièce de base plate, donc le placage, ou par analogie, à la jonction par recouvrement de deux tubes, cf. figure 2.10. De plus, à cause des effets de transition, une certaine région (4 à 8 fois l'épaisseur de la tôle) autour du point d'initiation de l'explosion n'est pas proprement jointe, d'où la nécessité de couper la pièce souhaitée après le placage.

Finalement, le procédé nécessite des mesures de sécurité très sophistiquées voire chères, fait qui le limite à quelques entreprises spécialisées.

2.2.4 Le soudage par pression à froid ou à chaud

Le soudage par pression à froid ou à chaud joint deux surfaces en produisant par déformation des surfaces non-contaminées qui permettent un joint métallique. Il nécessite donc des surfaces surtout dégraissées et favorablement désoxydées.

Tandis que le soudage par friction est un procédé où l'énergie et la déformation nécessaires sont fournies par un mouvement relatif entre les pièces, le soudage par pression se base sur la déformation coordonnée des deux pièces à souder. Il existe plusieurs dispositions pour générer une soudure par pression:

- Le soudage par extrusion ou étirage: les deux procédés se distinguent seulement dans la façon par laquelle les pièces à souder sont forcées dans le moule: dans le premier, les pièces sont noussées, et dans le deuxième, elles sont tirées, cf. fig. 2.11a. Ceci est employé pour

joindre des tuyaux ou pour produire des pièces d'adaptations qui peuvent après être utilisées comme transition entre deux tuyaux en matériaux dissemblables.

- Le soudage par laminage: deux ou plusieurs couches sont laminées ensemble et ainsi jointes, cf. figure 2.11b. Cette méthode se prête bien pour le placage des tôles et pour déposer un revêtement.
- Le soudage par point ou par ligne: deux poinçons sont pressés dans un assemblage de tôles (fig. 2.11c) qui est ainsi joint au point où s'appuyaient les poinçons. Si les poinçons ont une pointe en ligne, des joints sous forme de ligne sont produits.
- Le soudage par forgeage ou par pression bout-à-bout: deux pièces sont mises en contact et—en cas de soudage par forgeage—sont chauffées par résistance électrique, par induction

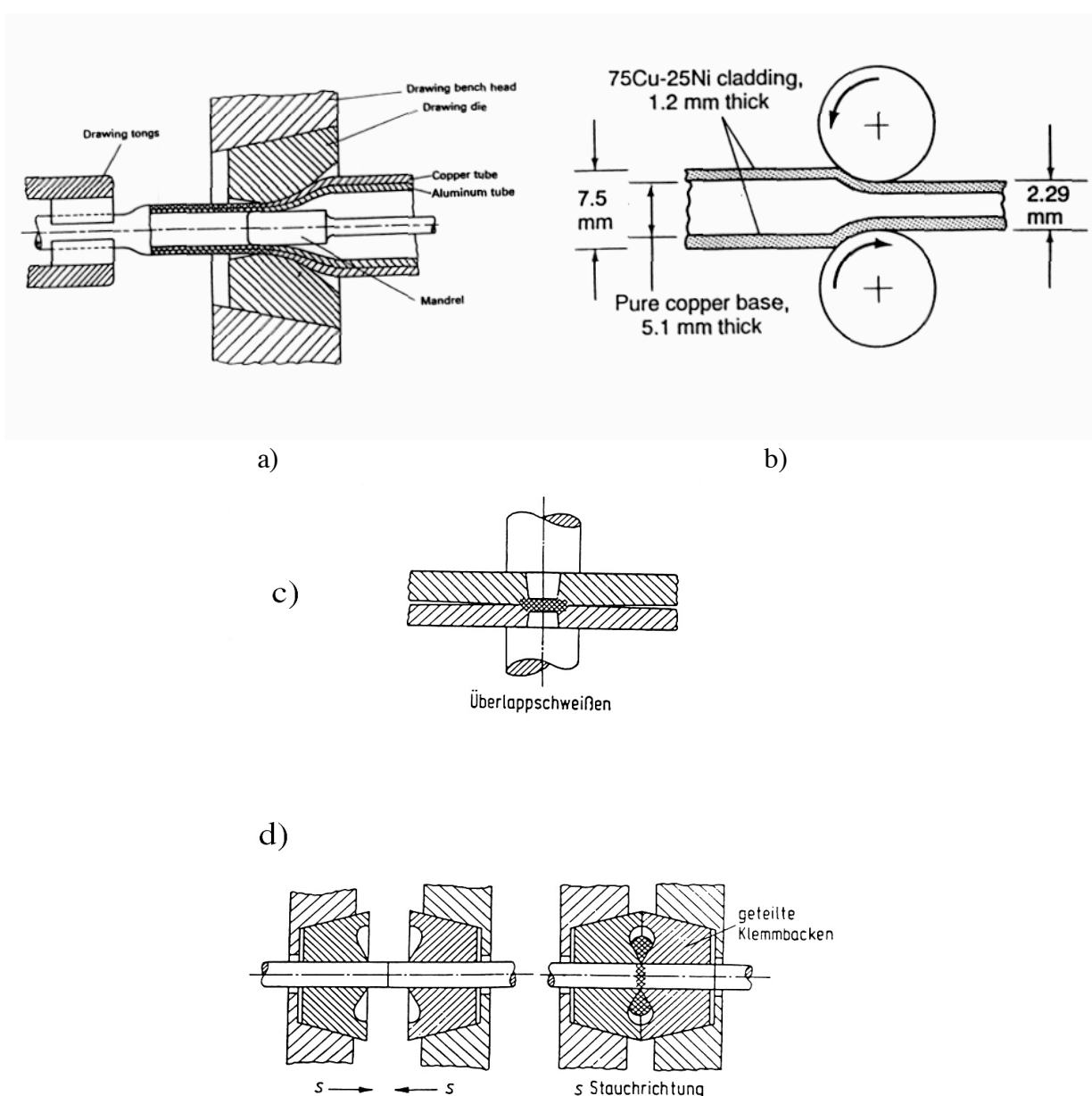


Fig. 2.11: Différentes dispositions du soudage par pression à froid ou à chaud: a) soudage par étirage de deux tubes; b) soudage par laminage, placage; c) soudage par point ou par ligne; d) soudage par forgeage bout à bout.

ou à la flamme. Ensuite, elles sont pressées l'une contre l'autre et ainsi co-déformées au point de contact, cf. fig. 2.11d. Ce procédé est surtout utilisé pour joindre des pièces bout à bout mais aussi dans d'autres configurations. Il est évidemment une alternative au soudage par friction pour des géométries de symétrie cylindrique et même unique pour des géométries sans symétrie de révolution.

Que les procédés mentionnés ci-dessus soient conduits à chaud ou à froid dépend des matériaux impliqués et notamment leur ductilité en fonction de la température. Les alliages d'aluminium et cuivreux ont une ductilité suffisante à température ambiante tandis que certains métaux réfractaires (Mo, W, Nb, Zr, Ta) ne peuvent être utilisés qu'à température élevée.

Ces procédés permettent de souder des matériaux très différents, même des polymères avec des métaux en les laminant en même temps. Un autre avantage est que les pièces ne sont pas chauffées à des températures élevées (sauf en cas de soudage par pression à chaud, évidemment) donc l'état de durcissement est conservé au travers du procédé. En fait, la déformation importante appliquée pendant le soudage engendre un durcissement par écrouissage dans la région du joint, ce qui rend le matériau autour du joint et dans le joint plus fort que le métal de base anéantissant l'effet de la réduction de section dans le joint. Cependant, le joint est seulement plus fort si la déformation a été assez importante. Ce fait est illustré en figure 2.12 où la déformation dans le joint est liée à la résistance mécanique mesurée dans un essai de cisaillement. En même temps, l'endroit de rupture est indiqué. En dessous de 50% de réduction, le joint formé n'est pas encore assez fort en cisaillement. A partir de 50% de réduction, le joint est plus fort en cisaillement que

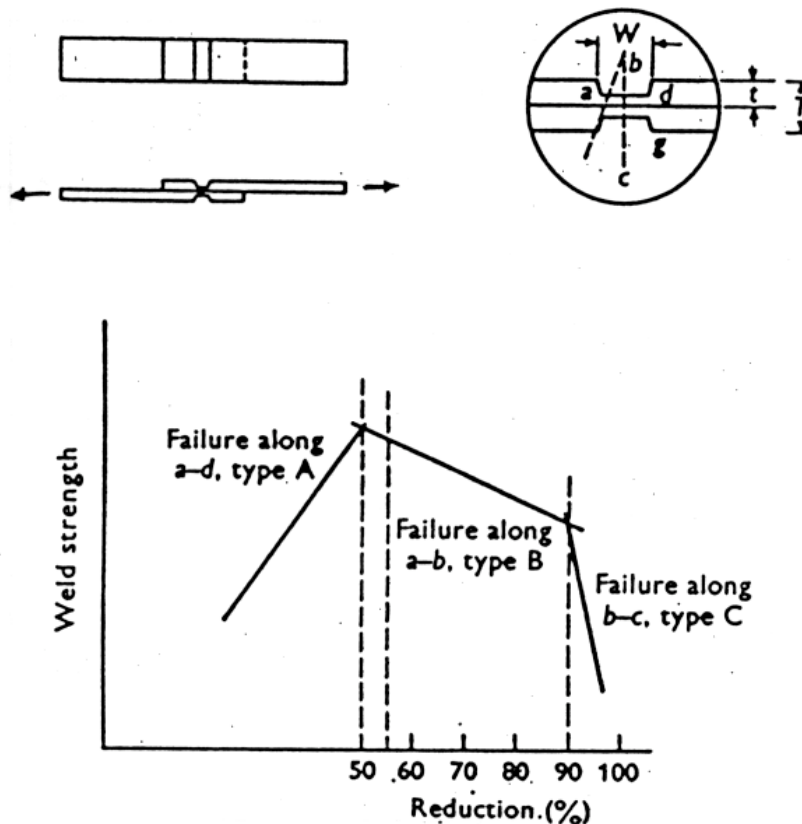


Fig. 2.12: Evolution de la résistance mécanique et du point de rupture dans une soudure par ligne, déterminée dans un essai de cisaillement, en fonction de la réduction, voire la déformation, dans le joint. La résistance maximale est atteinte lors de la transition de rupture dans le joint à rupture dans le métal de base.

le matériau de base au bord du joint en traction, où la rupture intervient. Evidemment, en approchant une réduction de 100% l'écroutissage ne peut plus accommoder toute perte de section et le joint devient de nouveau plus faible que le matériau de base. Pour optimiser la résistance d'un tel joint il est donc important de choisir le taux de réduction à partir duquel la rupture ne se fait plus par cisaillement dans le joint.

Les désavantages du soudage par pression sont les limitations au niveau géométrie, qui sont surtout imposées par les grandes déformations, d'où aussi une limite posée par la ductilité des matériaux à joindre. En outre, pour le soudage par étirage et extrusion, on a besoin de matrices, fait, qui les rend peu économique pour des petites quantités.

2.2.5 Le soudage par diffusion

Le soudage par diffusion fonctionne selon le même principe que le frittage par pression hydrostatique à chaud. Il est effectué généralement à une température en dessus de la moitié du point de fusion. Les surfaces des pièces à souder sont mises en contact et une pression est appliquée. La rugosité de la surface produit une porosité dans l'interface des deux pièces. Etant sous pression, les atomes ont tendance à remplir cette porosité. Le frittage est accéléré par la pression appliquée. Le procédé nécessite que les surfaces soient désoxydées et dégraissées. La rugosité doit être très faible, pour minimiser le nombre d'atomes à déplacer et pour augmenter la courbure de la surface initiale des pores et donc pour raccourcir le procédé. De l'autre côté, une plus grande rugosité engendre plus de déformation dans les points de contact, permettant d'établir déjà un joint par déformation et contact des sections non-contaminées. Les étapes importantes du soudage par diffusion sont schématisés en figure 2.13.

Les exigences à la surface étant assez élevées, les pièces sont normalement soudées sous atmosphère protectrice ou sous vide, fait qui limite les dimensions des pièces à souder.

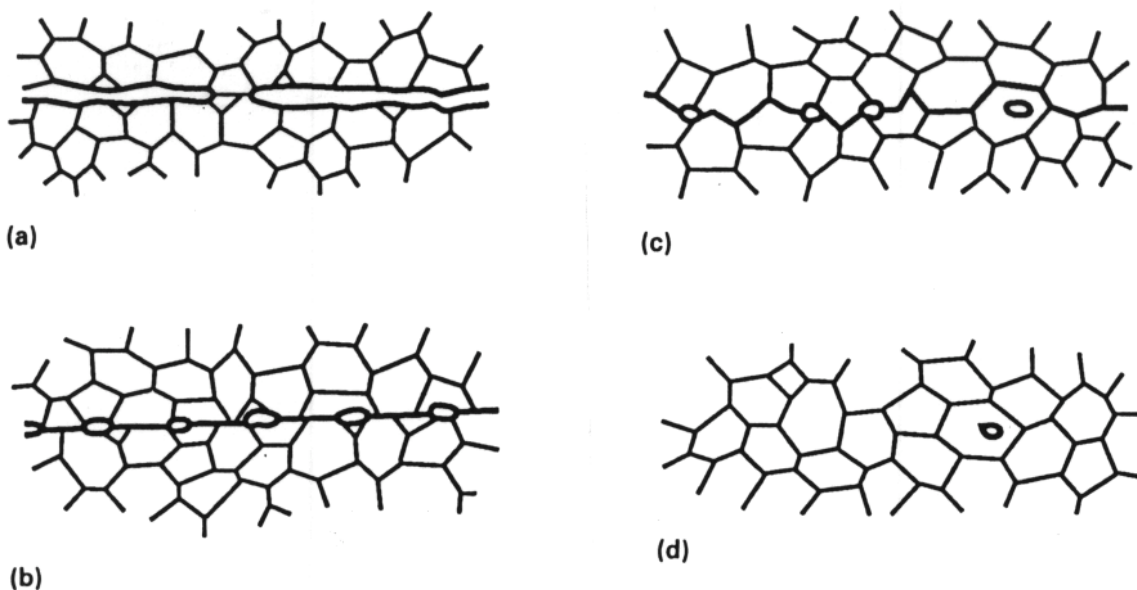


Fig. 2.13: Etapes dans le soudage par diffusion: a) déformation locale formant un réseau de point de contact; b) diminution des pores par diffusion; c) croissance des grains à travers le joint; d) disparition de l'interface.

En revanche, le soudage par diffusion permet de joindre des métaux différents et notamment des métaux avec des céramiques. Parfois, p. ex. pour les alliages d'aluminium, il est nécessaire de mettre des couches minces d'un autre matériau sous forme de métallisation ou feuille métallique qui aide à craquer la couche protectrice d'oxyde qui se forme immédiatement après le nettoyage. Une telle métallisation peut aussi contenir des éléments formant des eutectiques à température de fusion basse avec les matériaux de base ce qui augmente aussi la mobilité des atomes dans l'interface. De plus, une feuille métallique intermédiaire peut empêcher des réactions entre les matériaux à joindre, telles que la formation des phases intermétalliques. Si la température est abaissée d'une telle manière que la pellicule fond en formant un eutectique, on se trouve à l'interface au brasage par diffusion, sujet qui sera traité plus tard.

Parmi les métaux ayant une couche d'oxyde à la surface il y en a quelques-uns qui peuvent dissoudre l'oxygène dans la matrice à température élevée, Aux point qu'ils deviennent auto-réducteurs. Ceci est notamment le cas pour le titane (à partir de 850°C) et pour l'argent (en dessus de 200°C), mais aussi pour le tantale, le tungstène et d'autres. Les autres, y compris l'aluminium, les aciers alliés avec du nickel et du chrome, et les alliages à base de nickel et de cobalt, sont plus difficiles à souder par diffusion et nécessitent souvent une atmosphère réductrice ou protectrice, si le nettoyage a été effectué avant le cycle de soudage.