

Dossier de veille



Post-fabrication additive: polissage chimique, électropolissage, polissage plasma, tribofinition

Sommaire

- P. 3 Introduction, Ineosurf
- P. 4 Polissage chimique
- P. 6 Electropolissage
- P. 9 Polissage plasma
- P.11 Tribofinition
- P.13 Combinaison de procédés; bilan

Résumé

Finition des pièces issues de fabrication additive (SLM, EBM)

► Elle peut se réaliser soit par des procédés d'enlèvement de matière (polissage chimique, polissage électrolytique, électropolissage par voie sèche par procédé D-Lyte GPA Innova, polissage plasma, tribofinition par billes ou par média prismatiques, smuritropie), soit par des procédés d'ajout de matière (revêtement nivelant, traitement par laser). C'est le premier groupe de procédés qui est décrit ici. Les travaux relatés portent surtout sur des alliages de titane et sur des alliages d'aluminium. Ces procédés conviennent aussi sur aciers et alliages de nickel, qui ont moins été étudiés.

Compte-rendu de la web-conférence du 15 avril 2020

► Ce dossier rend compte des points essentiels identifiés lors du Café Techno du 15 avril 2020 d'Aerospace Valley sur les traitements des surfaces des pièces métalliques issues de la fabrication additive, en particulier la présentation de Jérôme Frayret (INEOSURF) « Parachèvement des pièces issues de fabrication additive ». La vidéo en est consultable intégralement sur [Youtube](#).



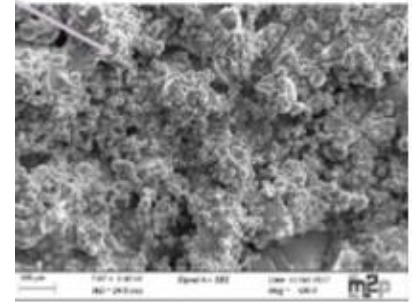
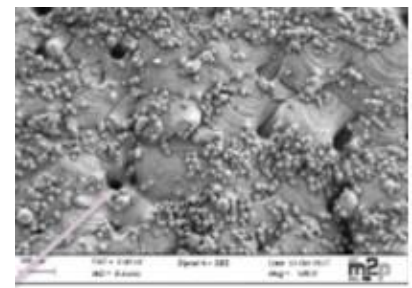
Enlèvement de matière



Ajout de matière

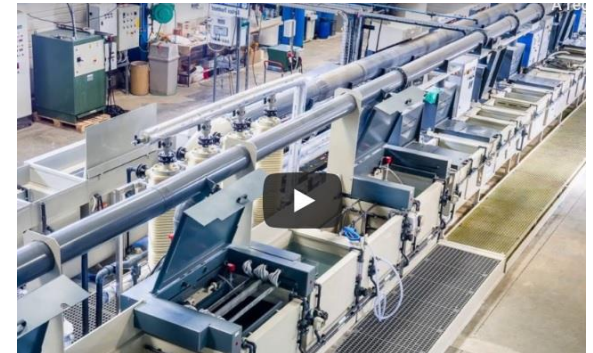
Besoin de parachèvement

- ▶ La production de pièces par fabrication additive apporte une rugosité importante qui diminue la tenue en fatigue et rend des post-traitements nécessaires
- ▶ Présence de particules infondues pouvant provoquer des détachements par la suite, relief granuleux



Ineosurf

- ▶ <https://www.ineosurf.fr/> SAS, filiale commune à l'IRT M2P et au GIE HARMONY
- ▶ 2016 Duppigheim: installations techniques de TS, 1000 m²
- ▶ 2017 Grabels, près de Montpellier: laboratoires, techniques de pointe comme l'ICP optique (*Inductively Coupled Plasma*, pouvant mesurer la teneur en éléments du ppt au pourcentage massique) pour aller chercher les réactions de produits chimiques, 200 m²
- ▶ Prestations de R&D et transfert
- ▶ Mise au point de nouveaux TS
- ▶ Mise au point de nouvelles méthodes d'analyse
- ▶ Réduction de l'empreinte environnementale



[Video Youtube: Ineosurf Duppigheim](#)

Polissage chimique

Différence avec l'usinage chimique

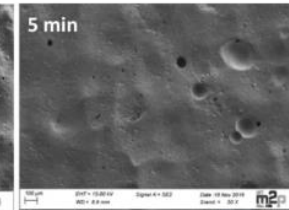
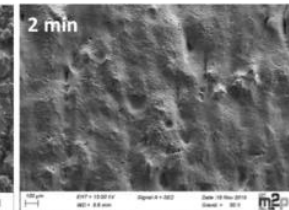
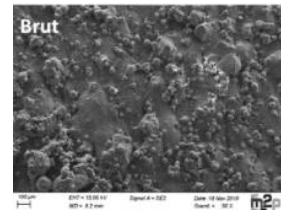
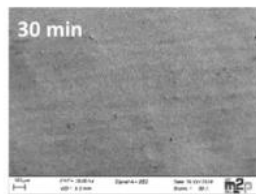
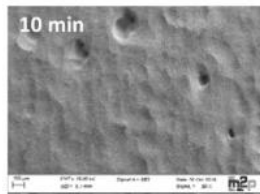
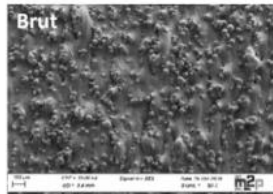
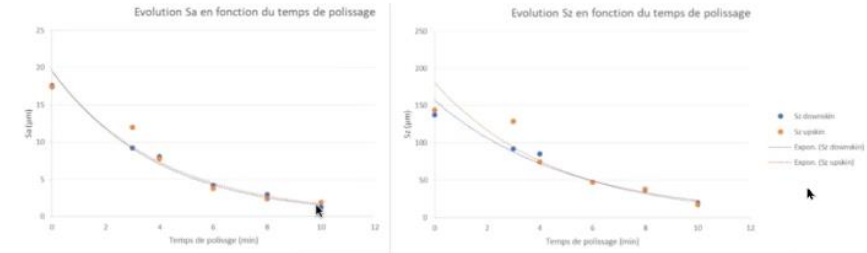
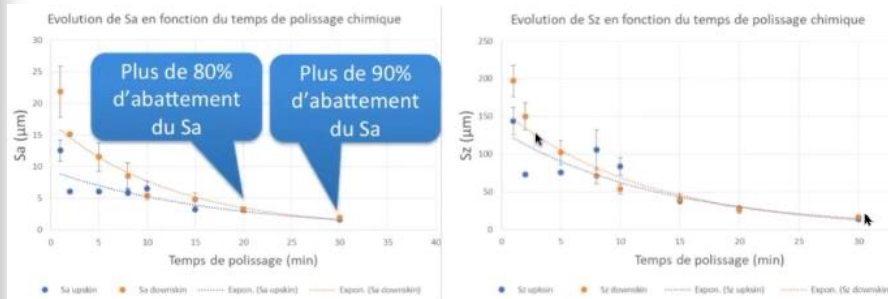
- ▶ L'acide nitrique HNO_3 attaque le titane et forme du TiO_2
- ▶ Cette couche est dissoute par le processus

En polissage chimique

- ▶ Il y a toujours des agents d'attaque + des agents complexants
- ▶ Objectif: ne dissoudre que la couche, en jouant sur la viscosité de la solution, surtout les sommets, ce qui aboutit au bout d'un temps à aplanir
- ▶ C'est beaucoup plus rapide sur de l'alliage d'aluminium

Sur du TA6V réalisé par EBM

Sur de l'AS7G06



Pièces plus complexes avec canalisations

- ▶ Essai d'un système de circulation forcée, en répartissant le débit et la force selon les diamètres et les besoins, pour uniformiser le traitement

Echelles et systèmes validés

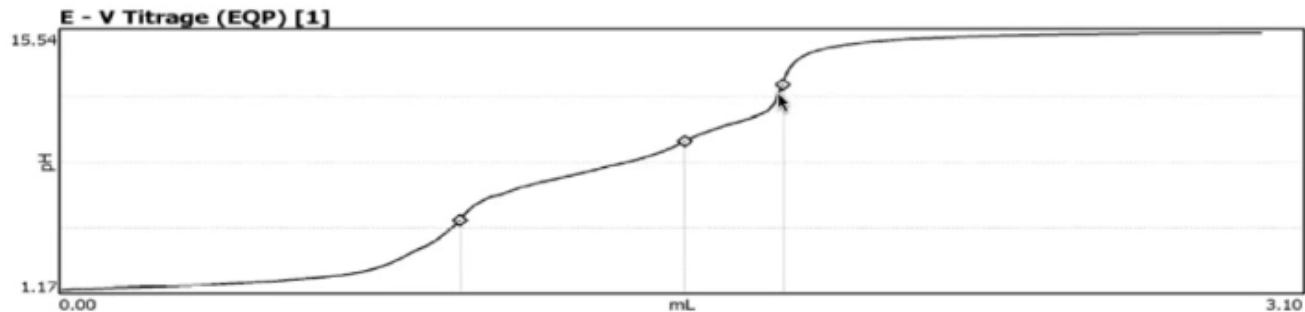
- ▶ Volumes de bain mis en œuvre: 60 à 400 litres
- ▶ Traitement par immersion ou par recirculation: outillage mis en place permettant la circulation forcée à l'intérieur de canalisations

Suivi des bains in situ

- ▶ Exemple ci-dessous: dosage par titration A/B
- ▶ Confirmation de la concentration en Ti par analyse ICP/AES



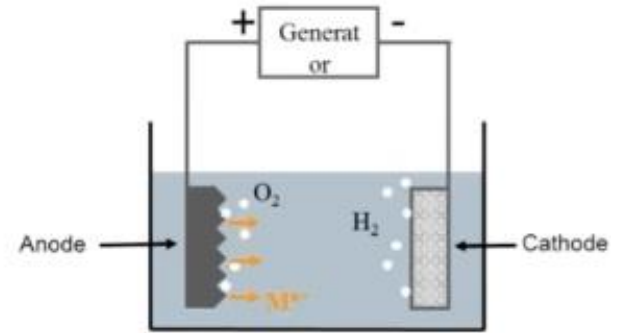
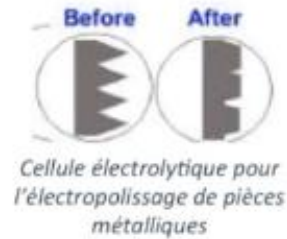
Titration d'un mélange d'acides en milieu non aqueux



Electropolissage

Par dissolution anodique contrôlée

- ▶ Electrolyte spécifique (acides concentrés + agents complexants ou additifs organiques)
- ▶ On enlève une fine couche de surface
- ▶ Réduction de rugosité
- ▶ Augmentation de brillance
- ▶ On peut aller jusqu'au brillantage
- ▶ Testé sur alliages de titane et sur alliages d'aluminium
- ▶ C'est assez long, jusqu'à 180 minutes



Paramètres principaux

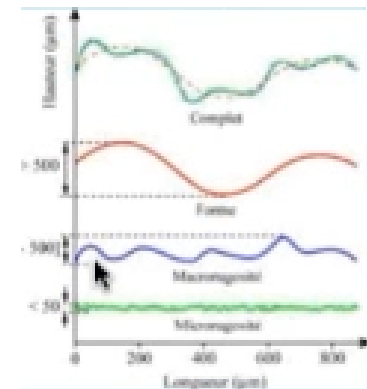
- ▶ Tension
- ▶ Durée
- ▶ Température
- ▶ Potentiel continu ou pulsé

Profil brut

Profil nivelé

Profil micro-nivelé

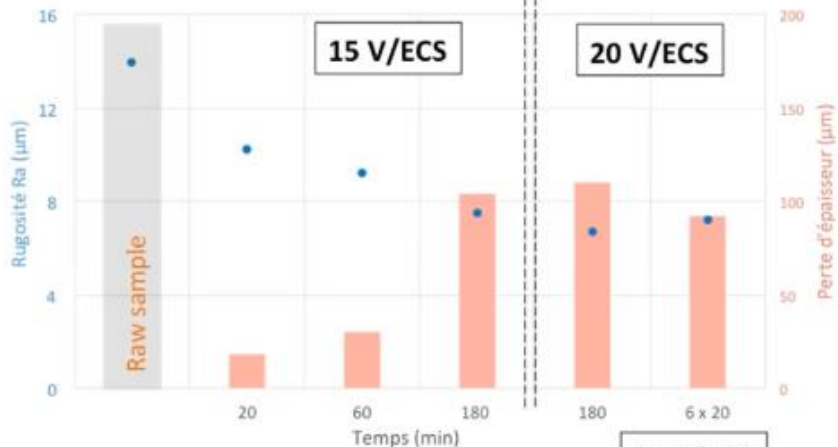
Profil brillanté



Electropolissage: résultats sur aluminium

Avril 2020

Electropolissage à potentiel constant sur AS7G06



Résultats

- ➔ Rugosité 16µm → 7µm après 180 min (Rendu brillant)
- ➔ **Difficulté** : décote importante, mais déformation raisonnable au niveau des arêtes (coefficient de distorsion de 83,8)

	15 V/ECS			20 V/ECS	
Durée	20 min	60 min	180 min	180 min	6 x 20 min
Photo					
Coefficient de distorsion	72,9	67,9	69,1	62,2	83,8

Electropolissage par voie sèche

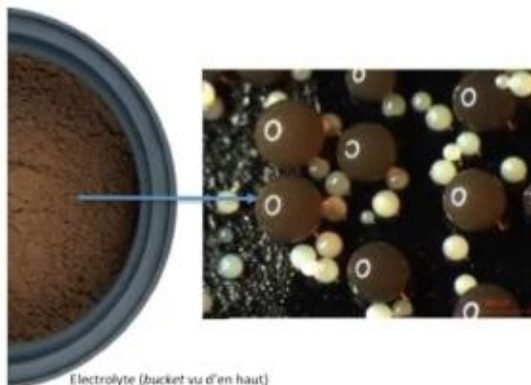
Le procédé D-Lyte* (GPA Innova): « procédé d'électropolissage voie sèche »



Modele DLyte 100I+Ti
Equipement disponible sur
plateforme IRTM2P à
Duppigheim (67)



Serie Dlyte100 Bucket Volume



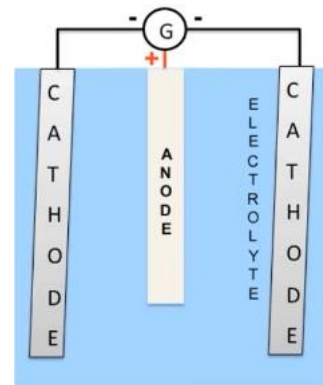
Electrolyte (bucket vu d'en haut)

- Dissolution des *pics de rugosité*
- Cinétiques très lentes si traitement de pièces ALM brutes
- Procédé de « *superfinition* »

Polissage plasma

Processus

- ▶ La pièce est toujours polarisée anodiquement
- ▶ Electrolyte aqueux
- ▶ Pas de cathode de forme
- ▶ On crée un enveloppe gazeuse autour de la pièce
- ▶ Des arcs électriques se produisent
- ▶ Le mécanisme est assez complexe, encore en débats: action thermique (fusion/éjection de la matière), action de dissolution électrochimique, action chimique (électrolyte)
- ▶ Nouveau procédé, en R&D
- ▶ Sur alliages d'Al et de Ti
- ▶ Plus rapide: 10 secondes à 1 minute

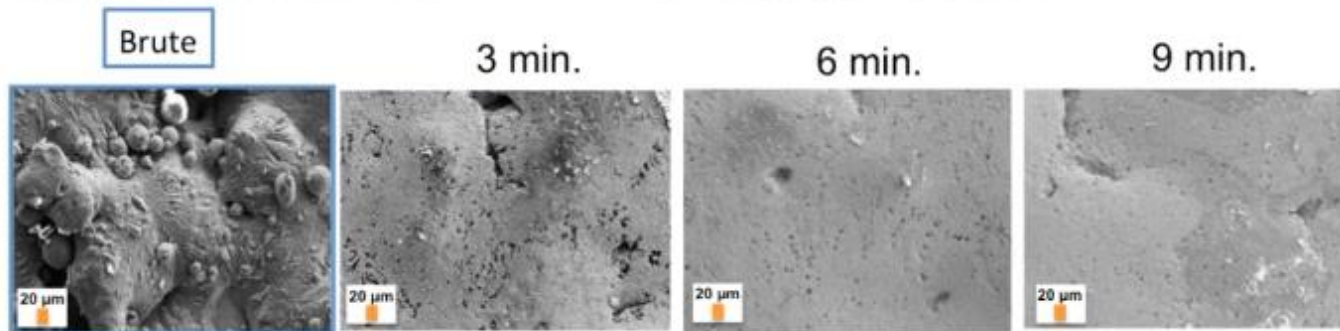


Influence de la tension appliquée (installation CIRIMAT)

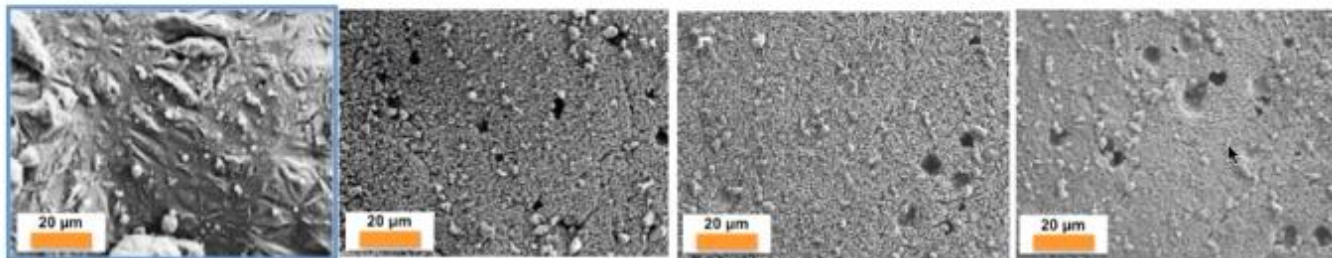


Caractérisations : MEB-FEG

⇒ AS7G06 poli à 300 V



➤ **Absence** de particules partiellement fusionnées

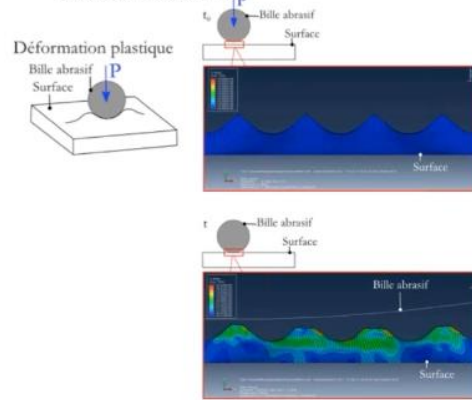


➤ **Présence** de pores (2 à 10 µm)
↳ déchaussement du Silicium

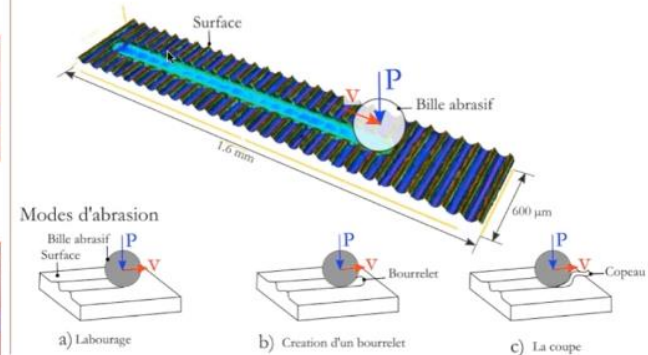
Principe

- ▶ Le polissage est à la fois dû aux impacts qui déforment les pics et à l'abrasion qui le retire partiellement

La déformation :

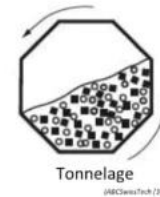


L'abrasion:

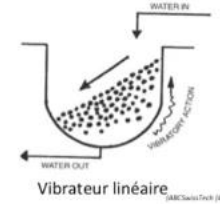


Procédés

- ▶ Tonnelage
- ▶ Vibrateur linéaire
- ▶ Vibrateur circulaire
- ▶ Smuritropie: la pièce est mise en rotation sur son support, le média étant lui-même en rotation dans la cuve. On joue sur ces deux mouvements
- ▶ Les média prismatiques ont une action de polissage très rapide, mais une limite vers $1 \mu\text{m}$
- ▶ Les média billes permettent un meilleur état de surface



Vibrateur circulaire



Smuritropie



- L'évolution des critères de topographies dépendent
 - Des abrasifs (forme, composition, concentration)
 - Des additifs (liquides lubrifiants et/ou actifs)
 - Des conditions de traitement (cinématique, vitesse, quantité de média)
 - De la durée du traitement



Des **abrasifs** de composition / forme différents peuvent être utilisés.

Le type d'abrasif va définir le procédé de tribofinition.

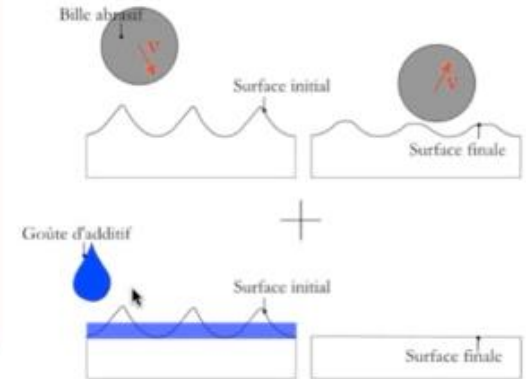
Media sphérique → déformation plastique

Media triangulaire → abrasion

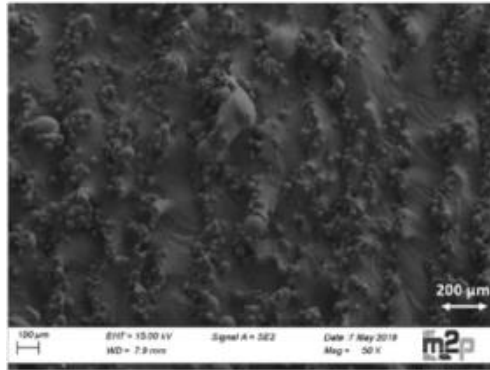
...



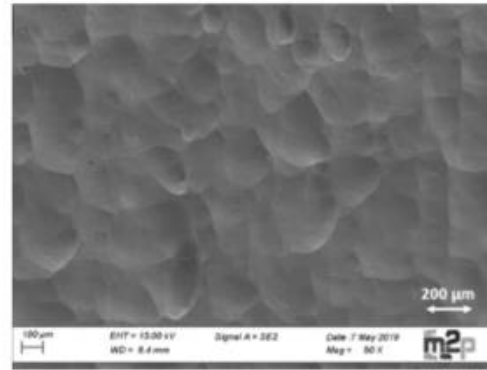
- Le type d'**additif** et sa quantité et concentration va modifier l'écoulement des médias, l'interface entre les médias et la pièce, etc.
- Les lubrifiants sont les plus utilisés.
- Les additifs actifs (des accélérateurs chimiques) vont réduire la durée de procédé.
 - Combinaison d'une action mécanique + chimique.



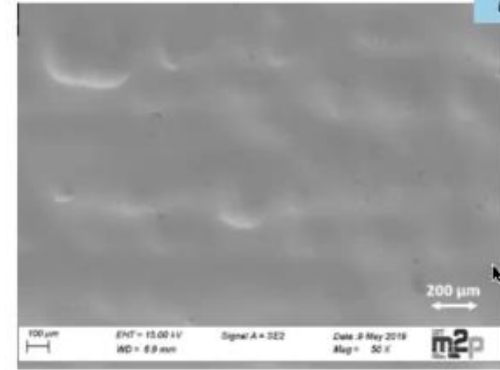
Exemple de combinaison : Polissage chimique + procédé D-Lyte (GPAInnova)



TA6V SLM brut



TA6V SLM après polissage chimique



TA6V SLM après polissage chimique + D-Lyte

- Jusqu'à 95% de diminution des critères d'états de surface (rugosité) avec la gamme : Polissage chimique suivi du procédé Dlyte
- Aspect plus brillant du à l'impact sur la microrugosité par le procédé Dlyte en fin de process

Procédé de polissage TA6V	Nettoyage	Polissage – Abattement Ra	Respect des formes	Temps de traitement	Décôte	Etat d'utilisation
Polissage Chimique	oui	> 90% Ra ≈ 3-4 μm	oui	30-40 min	200-300 μm	Semi industriel
Electropolissage	oui	> 60% Ra ≈ 9 μm	déformation géométrique significative	180 min	160 μm	Semi industriel
Polissage Plasma	/	/	/	/	/	
Tribofinition	oui	> 90% Ra ≈ 1-2 μm	non	Plusieurs heures		Industrialisé
Procédé D-Lyte	oui		oui			En développement
Combinaison de procédés	oui	> 95% Ra ≈ 1-2 μm	oui	2h environ	200-300 μm	En développement
Procédé de polissage AS7G06	Nettoyage	Polissage – Abattement Ra	Respect des formes	Temps de traitement	Décôte	Etat d'utilisation
Polissage Chimique	oui	> 90% Ra ≈ 2-3 μm	oui	10 min	200-300 μm	Semi industriel
Electropolissage	oui	> 60% Ra ≈ 7 μm	déformation raisonable au niveau des arêtes	180 min	100 μm	Semi industriel
Polissage Plasma	oui	> 80% Ra ≈ 2 μm	oui	9 min		Labo
Tribofinition	oui	> 90% Ra ≈ 1-2 μm	non	Plusieurs heures		Industrialisé
Procédé D-Lyte	/	/	/	/	/	/
Combinaison de procédés	oui	> 90% Ra ≈ 2-3 μm	oui	2h environ	200-300 μm	En développement

50.

 **cetim**

Vers le futur

Malgré le soin apporté à la réalisation de cette note, certains liens hypertextes peuvent ne pas fonctionner correctement, notamment en raison de modifications des sites internet ciblés (ex : « page not found ») ou d'options de sécurité de certains viewers de PDF.

Contact : Jean-Marc Belot - sqr@cetim.fr - 03 44 67 36 82



MÉCATHÈQUE

Trouvez toutes nos études
en un seul clic ! 