

7.8 Choix d'un revêtement anti-corrosion

Les directives européennes

Les directives européennes 2000/53/EC et 2002/95/EC (voir extraits en fin d'ouvrage) ont, dans le cadre de la protection de l'environnement et de la recyclabilité des produits, introduit la limitation de l'emploi de métaux lourds et/ou polluants, notamment le chrome hexavalent.

Par exemple, les véhicules automobiles mis sur le marché depuis le 1^{er} juillet 2003 doivent contenir moins de 2 grammes de chrome hexavalent.

Les solutions consistent en la substitution du chrome 6 présent dans la chromatisation par du chrome 3 dans les passivations. La résistance à la corrosion sera obtenue par l'ajout d'une couche organo-minérale complémentaire.

Eléments de choix

Du fait de l'ajout d'une couche complémentaire, le choix devient un compromis entre trois caractéristiques majeures induites par le revêtement, choix dépendant de l'application envisagée :

- épaisseur,
- tenue au brouillard salin,
- coefficient de frottement.

Par ailleurs, on remplace souvent un revêtement «générique» (par exemple le zingué jaune bichromaté) par un revêtement ayant fait l'objet de développements techniques par un formulateur et protégé.

Il convient donc de prendre en compte les préconisations du donneur d'ordre amont, souvent exprimées dans un cahier des charges qui peut spécifier une formulation particulière et la diffusion de la formulation dans le réseau de sous-traitants disponibles.

Le tableau 7.8-1 présente quelques éléments de choix de revêtements sans chrome 6 ; vos interlocuteurs Emile Maurin sont à votre disposition pour vous proposer une solution en fonction de vos critères particuliers.

7.8-1

Traitement	Aspect	Épaisseur	Tenue brouillard salin	Coefficient de frottement et remarques
Zingage blanc	Blanc bleuté	5 µm	48 h rouille rouge	
		10 µm	72 h rouille rouge	
Zingage Lanthane® sans finition renforcée	Argent	10 µm	200 h rouille rouge	
Zingage Lanthane® avec finition rapportée	Argent	10 µm	600 h rouille rouge	Possibilité de coefficient de frottement maîtrisé $\mu = 0,12$ à $0,18$
Zinc nickel 12-15% finition bleue	Bleuté	8 µm mini.	720 h rouille rouge	Évite la corrosion par couplage avec l'aluminium
Zinc nickel 12-15% finition noire	Noir	8 µm mini.	720 h rouille rouge	Évite la corrosion par couplage avec l'aluminium
Geomet 500® grade A	Gris	5 à 7 µm	600 h rouille rouge	Coefficient de frottement $\mu = 0,12$ à $0,18$
Geomet 500® grade B	Gris	8 à 10 µm	1000 h rouille rouge	Coefficient de frottement $\mu = 0,12$ à $0,18$
Delta Protékt®	Gris argenté	5 à 10 µm	600 à 1000 h rouille rouge	
Deltatone®	Gris argenté	6 à 10 µm	400 h rouille rouge	Avec finition Deltaseal GZ® coefficient de frottement $\mu = 0,10$ à $0,14$
		10 à 15 µm	800 h rouille rouge	

Guide d'aide au choix des traitements de surface pour les fixations

Ce guide a été rédigé avec la profession des fabricants de fixations pour fournir les principaux éléments d'aide au choix d'un traitement de surface d'une fixation en fonction de différents critères, qu'ils soient dimensionnels, fonctionnels ou autres. Il permet de préparer le dialogue entre client et fournisseur de solution de traitement, et contribue à n'oublier aucun critère important dans le choix qui sera fait.

Ci-dessous sont regroupées les principales questions à se poser pour choisir un traitement de surface. Le tableau 7.8-3 regroupe des informations couramment appliquées pour les procédés de traitement de surface dans le domaine des fixations métalliques. Le tableau 7.8-4 précise quelques considérations à prendre en compte.

Généralement, les choix de revêtement sont déterminés par retour d'expérience ou par une politique de standardisation de l'entreprise.

7.8-2 Principales questions à se poser

		Réponse
Q1	QUEL EST LE TYPE DE FIXATION ? Vis et produits longs, écrous et produits creux, rondelles et produits plats, clips, fixations élastiques, ...	
Q2	QUEL EST LE MATERIAU DE LA FIXATION ? C'est le matériau sur lequel le revêtement est directement appliqué : acier, alliage d'aluminium, alliage cuivreux, ...	
Q3	QUEL EST LE DIMENSIONNEL DE LA FIXATION ? Diamètre, longueur, masse, ...	
Q4	LA FIXATION COMPORTE-T-ELLE UN CORPS CREUX ? Empreinte, trou borgne ou débouchant, zone de rétention, ...	
Q5	QUELLES SONT LES NATURES DES MATERIAUX A ASSEMBLER ? Risque de couplage galvanique	
Q6	QUEL VOLUME DE FIXATIONS SERA A TRAITER ? Volume annuel de fixations à traiter, volume par lot	
Q7	QUELLE EPAISSEUR DE REVETEMENT MAXIMALE EST ADMISSIBLE POUR LA MONTABILITE ? C'est l'épaisseur de revêtement permettant de monter correctement la fixation.	
Q8	QUELLE TEMPERATURE MAXIMALE EST SUPPORTABLE PAR LES PIECES ? C'est la température qui peut endommager les caractéristiques mécaniques et/ou fonctionnelles de la fixation.	
Q9	Y AURA-T-IL DES TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES ?	
Q10	Y AURA-T-IL DES OPERATIONS SUPPLEMENTAIRES APRES REVETEMENT ? Patch sur filet, frein filet, sertissage, peinture, ... (compatibilité à vérifier)	

		Réponse
Q11	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE CONFORMITE REGLEMENTAIRE ? RoHS, VHU, alimentarité, eau potable, ...	
Q12	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE EN CORROSION ? Brouillard salin (NSS), Kesternich, test cyclique, ... et durées minimales associées. Sinon, milieu urbain, rural, industriel, marin, tropical, ...	
Q13	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE AUX AGENTS CHIMIQUES ? En milieu acide, alcalin, chloré, ...	
Q14	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE EN TEMPERATURE EN SERVICE ? En palier, en pointe, ...	
Q15	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE TENUE MECANIQUE DU REVETEMENT ? Ductilité (aptitude à suivre une déformation élastique et/ou plastique de la fixation sans altérer les caractéristiques fonctionnelles du revêtement), dureté, résistance au choc, à l'érosion, au gravillonnage, ...	
Q16	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE D'ASPECT ? Coloré, mat, brillant, irisé, uniforme, ...	
Q17	EXISTE-T-IL UN RISQUE DE FRAGILISATION PAR L'HYDROGENE POUR LES FIXATIONS EN ACIER ? Dureté maximale de la fixation, type de sollicitation, ...	
Q18	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE CONDUCTIVITE ELECTRIQUE ?	
Q19	EXISTE-T-IL UNE EXIGENCE DE COEFFICIENT DE FROTTEMENT ?	

Informations généralistes* sur les procédés de traitement de surface

* Ce tableau est informatif et non exhaustif. Il regroupe les données courantes pour les principales applications dans le domaine des fixations métalliques.

7.8-3 Tableau de recensement des types d'application des revêtements

Lien avec Q (voir tableau 7.8-2)	Q2	Q1-Q3-Q4	Q8	Q7	Q12	Q13	Q14	Q16	Q15	Q19	Q9
Type de revêtement	Matériau fixation	Mode d'application	Température de mise en œuvre du procédé TS	Epaisseur usuelle	Tenue en corrosion sur acier (NF EN ISO 9227 NSS et/ou NFA 05-109)	Tenue aux agents chimiques	Tenue en température	Aspect	Microdureté	Coefficient de frottement NF EN ISO 16047	Traitements complémentaires
Zinc lamellaire revêtement non électrolytique composé de lamelles métalliques (majoritairement de Zn), dispersées dans un liant et suivi d'une cuisson NF EN ISO 10683	Acier Acier inox Aluminium et alliages	Par trempé centrifugé Par pulvérisation En vrac ou à l'attache	De 160 à 310°C selon le procédé	De 4 à 10 µm Peut également être exprimé en poids de couche, de 18 à 36g/m ²	Protection temporaire : oui	De pH1 à pH13 selon le système de Zn lamellaire	Variable selon le procédé 400°C sans dégrader la tenue à la corrosion 500°C possible	Gris ou noir en standard Autres couleurs possibles	Inférieur à 100 HV	0,30 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température
					Usuellement de 480 à 1000 heures BS						
					Usage extrême : jusqu'à 3000 heures BS						
Zinc électrolytique revêtement de Zn déposé par électrolyse suivi d'une passivation NF EN ISO 4042	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 90°C lors du séchage (hors dégazage éventuel)	De 5 à 15 µm	Protection temporaire : oui (sans passivation)	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	120°C sans dégrader la tenue à la corrosion 250°C maximum possible	Gris ou noir en standard Autres couleurs possibles	De 60 à 120 HV	0,25 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Peinture Eventuellement top coat ou sealer
					Usuellement de 96 à 600 heures BS						
					Usage extrême : jusqu'à 1200 heures BS						
Zinc Nickel électrolytique (entre 12 et 16% Ni) revêtement d'alliage de ZnNi déposé par électrolyse suivi d'une passivation NF EN ISO 4042	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 90°C lors du séchage (hors dégazage éventuel)	De 5 à 15 µm	Protection temporaire : non	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	250°C sans dégrader la tenue à la corrosion 350°C possible	Gris ou noir ou irisé	De 350 à 450 HV	0,35 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Eventuellement top coat ou sealer
					Usuellement de 480 à 1000 heures BS						
					Usage extrême : au-delà de 2000 heures BS						
Zinc Fer électrolytique (entre 0,5 et 1,2% Fe) revêtement d'alliage de ZnFe déposé par électrolyse suivi d'une passivation NF EN ISO 4042	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 90°C lors du séchage (hors dégazage éventuel)	De 5 à 15 µm	Protection temporaire : non	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	120°C sans dégrader la tenue à la corrosion 200°C maximum possible	Noir en standard Gris ou irisé possible	De 200 à 240 HV	0,25 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Peinture Eventuellement top coat ou sealer
					Usuellement de 96 à 600 heures BS						
					Usage extrême : jusqu'à 1200 heures BS						
Zinc par matoplastie revêtement de Zn et Zn allié en poudre obtenu par action mécanique - Zn - ZnSn (en multicouche ou alliage) - ZnAl (9-25% Al)	Acier	Par compactage mécanique En vrac	Température ambiante	De 5 à 20 µm	Protection temporaire : oui (sans passivation)	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	120°C sans dégrader la tenue à la corrosion 250°C maximum possible	Gris en standard	De 60 à 120 HV	0,25 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Pour la tenue en corrosion, la couleur, le coefficient de frottement, la tenue aux agents chimiques, la tenue en température Eventuellement top coat ou sealer ou incorporation dans la masse (type PTFE)
					Usuellement de 96 à 600 heures BS						
					Usage extrême : jusqu'à 1200 heures BS						

Lien avec Q (voir tableau 7.8-2)	Q2	Q1-Q3-Q4	Q8	Q7	Q12	Q13	Q14	Q16	Q15	Q19	Q9
Zinc par shérardisation revêtement de ZnFe par tonnage dans un mélange de poudre de Zn et d'air à haute température	Acier peu ou faiblement allié	Par diffusion thermique En vrac	De 320 à 450°C	De 15 à 60 µm	Usuellement de 96 à 600 heures BS Usage extrême : jusqu'à 2000 heures BS	Usuellement de pH6 à pH11 De pH1 à pH13 selon le type de traitement supplémentaire	De 350 à 450°C	Gris anthracite ou noir	350 HV	De 0,3 à 0,2 sauf traitement complémentaire	Conversion au chrome trivalent Top coat noir Lubrification
Galvanisation à chaud revêtement par immersion dans un bain de Zn ou d'alliage de ZnAl fondu NF EN 10684	Acier	Par immersion Par trempé centrifugé En vrac ou à l'attache	De 455 à 480°C ou de 530 à 560°C selon teneur en silicium	De 50 à 70 µm	Essai BS non adapté Consommation annuelle de Zn située entre 1 et 4 µm en fonction de l'environnement	De pH4 à pH10	200°C sans dégrader la tenue à la corrosion 300°C maximum	Gris mat	Succession de 4 couches allant de 70 HV en surface jusqu'à 450 HV à l'interface	Jusqu'à 0,35 (risque de grippage) 0,10 ≤ K ≤ 0,16 avec traitement complémentaire (NF EN 14399-2)	Lubrification Passivation pouvant être colorée
Phosphatation couche de phosphates insolubles obtenue par immersion dans un bain d'acide phosphorique, de phosphates et d'additifs	Acier peu ou faiblement allié	Par immersion Par pulvérisation En vrac ou à l'attache	De 50 à 95°C	Couramment exprimé en poids de couche : de 3 à 20 g/m ² (correspondant à une surépaisseur maxi de 6 µm)	Inférieure à 24 heures BS sans huilage	Aucune	150°C maximum	De gris à noir	NC	0,2 et jusqu'à 0,06 selon traitement supplémentaire	Lubrification Peinture
Nickel chimique Allié au bore ou au phosphore - HP : haut phosphore (10-13%) - MP : moyen phosphore (5-10%) - BP : bas phosphore (2-5%)	Acier Acier inox Aluminium et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 60 à 95°C	De 20 à 100 µm	Haut phosphore - 20 < ép < 25 µm : 96 h - ép > 40 µm : supérieur à 200 h (maxi 600 h) Moyen et bas phosphore - 20 < ép < 25 µm : inférieur à 48 h	Excellente tenue en milieu alcalin (HP & BP) Assez bonne tenue en milieu acide (BP) Cas critique en présence de nitrique	Perte de résistance corrosion au-delà de 220°C Température de fusion : 860°C	Gris mat à brillant Eventuellement noir	De 450 à 750 HV sans traitement thermique De 800 à 1000 HV après traitement thermique de 1h à 380°C	0,4 non lubrifié 0,2 lubrifié dans la masse	Lubrification
Argentage	Acier Acier inox Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 35°C	De 6 à 30 µm	NC	De pH1 à pH14 Craint les composés soufrés	De 200°C à 500°C	Blanc argenté	De 40 à 180 HV	NC	NC
Dorure	Cuivre et alliages Revêtement de Ni	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 60°C	De 0,1 à 10 µm	NC	De pH1 à pH14	Maximum 300 à 400°C	Jaune Rose Blanc	De 50 à 300 HV	NC	NC
Cuivrage électrolytique	Acier Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 70°C	De 5 à 30 µm	NC	De pH1 à pH11 Craint l'acide nitrique	Maximum 800°C	Rouge orangé	De 50 à 200 HV	NC	Lubrification
Etamage	Acier Acier inox Cuivre et alliages Revêtement de Ni	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 20 à 40°C	De 5 à 20 µm	NC	De pH2 à pH12 Attaqué en milieu acide et très alcalin	Maximum 150°C	Blanc	De 10 à 40 HV	NC	NC
Cataphorèse	Acier Acier inox Acier zingué Alu. et alliages Cuivre et alliages	Par immersion En vrac ou à l'attache	De 150 à 180°C	De 8 à 45 µm	Usuellement de 96 à 800 heures BS	De pH1 à pH14	Maximum 220°C	Noir en général	NC	De 0,2 à 0,1	Lubrification Sealer Peinture

7.8-4 Considérations à prendre en compte

Q1-Q3	Généralement, les fixations sont traitées en vrac mais peuvent être traitées à l'attache selon la géométrie, le poids, l'aspect.
Q4	Le traitement des empreintes creuses inférieures à M4 et des trous borgnes est à valider par essai dans le cas des procédés en milieux liquides aqueux ou solvantés.
Q5	En plus d'assurer la résistance à la corrosion de la fixation, le revêtement peut permettre d'éviter la formation d'un couple galvanique entre la fixation et la structure qui la reçoit. Généralement, on considère comme préférable que les potentiels de la fixation et de la structure soient le plus proches possibles. D'autre part, il est préférable que le potentiel du matériau de la fixation soit plus noble que celui du revêtement de manière à ce que ce dernier se corrode préférentiellement (dépôt sacrificiel). De ce point de vue, tous les revêtements à base de zinc sont sacrificiels par rapport à l'acier ou à l'aluminium. A l'inverse, un dépôt de nickel est plus noble que l'acier ou l'aluminium, ainsi, ce sont ces derniers qui se corrodent préférentiellement.
Q6	Le volume annuel de fixations ou la taille de lot (quantité de fixations traitées ensemble en une seule fois) pourra conditionner la ligne de traitement (taille) et/ou le procédé utilisé, attache ou vrac (capacité des tonneaux).
Q7	L'épaisseur possible de revêtement sera limitée par le jeu disponible [cas des fixations à filetage métrique ISO] et/ou l'utilisation finale de la pièce (montabilité, fonctionnalité, ...) Selon l'utilisation, on prendra par exemple en compte une épaisseur maximale pour une montabilité et/ou une épaisseur minimale pour une tenue en corrosion dépendant du procédé utilisé. Il est préférable de définir une zone de référence pour mesurer l'épaisseur. Le poids de couche est défini comme la masse totale du revêtement rapporté à la surface totale de la fixation.
Q11	VHU : concerne l'absence de chrome hexavalent, mercure, cadmium et plomb dans les véhicules automobiles mis en décharge RoHS : concerne l'absence des mêmes éléments pour l'industrie électrique et électronique REACH : concerne toutes les industries et vise à l'élimination progressive des composés CMR (cancérigène, mutagène, reprotoxique), dans un premier temps le chrome hexavalent est visé.
Q12	Les exigences de tenue à la corrosion d'une fixation peuvent être qualifiées par 2 principaux types de tests, choisis en fonction de l'utilisation de la fixation : <ul style="list-style-type: none"> • tenue aux essais de brouillard salin (BS) : essai de corrosion au cours duquel les fixations sont exposées à un fin brouillard de solution saline <ul style="list-style-type: none"> - neutre (NSS) - acétique : avec un pH acide - cupro-acétique : avec ajout de cuivre • tenue aux essais Kesternich : essai de corrosion au cours duquel les fixations sont exposées à une atmosphère saturée en vapeur d'eau contenant du SO₂ (voir NF EN ISO 6988 et NF A05-132) <p>La tenue à la corrosion de la fixation est fonction du milieu (intérieur, extérieur, marin, industriel, urbain, ...- voir ISO 9223). A noter que les tests de corrosion accélérés permettent des évaluations comparatives entre systèmes de revêtements mais ne représentent pas nécessairement les comportements en atmosphère extérieure, très variable par nature.</p>
Q17	La fragilisation par l'hydrogène est la perte irréversible de ductilité d'un métal ou d'un alliage sous l'effet de contraintes de traction. Typiquement, à partir de 320 HV pour des pièces soumises à traction, vérifier que le traitement n'intègre pas une source de diffusion d'hydrogène dans l'acier. L'applicateur devra si besoin envisager un traitement de dégazage complémentaire pour minimiser le risque de fragilisation par l'hydrogène. Voir ISO DTR 20491
Q18	La conductibilité électrique dépend essentiellement du traitement complémentaire appliqué (passivation, top coat, sealer, ...)
Q19	Le coefficient de frottement dépend du procédé et/ou du traitement complémentaire appliqué (passivation, top coat, sealer, ...)