

TI100 – Pretreatment of metals

1. objectifs du prétraitement des métaux

Les objectifs importants de tout revêtement organique par rapport à la pièce sur laquelle il est appliqué sont les suivants :

- film de peinture en poudre uniforme
- Bonne adhérence au substrat métallique
- Haute résistance contre la corrosion filiforme.

Pour améliorer la résistance à la corrosion et l'adhérence, mais aussi pour garantir l'uniformité du revêtement, les surfaces à peindre doivent être prétraitées.

Ce traitement s'effectue le plus souvent par voie chimique (chapitre 3) ou mécanique (chapitre 4), afin de remplir les fonctions de nettoyage du substrat et d'adhérence.

2. méthodes d'essai

Le succès d'un prétraitement chimique se traduit en fin de compte par le comportement à long terme de la pièce peinte lors de son utilisation pratique. Pour le contrôle, la sélection et le développement de procédés de prétraitement, il existe de nombreuses méthodes d'essai qui permettent d'obtenir des conclusions en peu de temps. Parmi ces méthodes de contrôle, les essais au brouillard salin (DIN EN ISO 9227) et les essais en atmosphère d'eau condensée (DIN EN ISO 6270-2) ont la plus grande importance en tant qu'essais de corrosion à court terme.

Un prétraitement insuffisant se traduit dans l'essai au brouillard salin par une infiltration excessive du revêtement par les produits de corrosion à partir d'un point de fissuration. La combinaison des deux types de sollicitation dans l'essai d'alternance conduit à des phénomènes de corrosion largement similaires à ceux d'un essai de corrosion atmosphérique.

L'évaluation des phénomènes de corrosion est normalisée dans les normes DIN EN ISO 4628-8 (infiltration), DIN EN ISO 4628-3 (rouille) et DIN EN ISO 4628-2 (bulles).

L'adhérence de la poudre est testée sans exigence corrosive par

- essai de pliage de mandrin, mandrin cylindrique (DIN EN ISO 1519)
- essai d'enfoncement par choc (ISO 6272 / ASTM D 2794) ou
- essai d'enfoncement (Erichsen enfoncement EN 5020)
- essai de quadrillage (DIN EN ISO 2409)

3. étapes du procédé de pré-traitement chimique

Les procédés de prétraitement chimique se répartissent les tâches suivantes :

éliminer les substances nocives de la surface, telles que la calamine, la rouille, l'abrasion, les graisses, les huiles, la poussière

Constitution d'une couche favorisant l'adhérence de la poudre et inhibant la corrosion, comme par exemple par phosphatation, chromage ou procédés sans chrome, etc.

élimination des substances de traitement nocives des étapes précédentes par un rinçage approfondi

3.1 Nettoyage de la surface

Les impuretés présentes à la surface du métal avant le revêtement nuisent à l'adhérence entre la couche de poudre et le métal. Il faut donc éliminer les impuretés telles que les huiles et les graisses ainsi que les particules inorganiques telles que la poussière de ponçage, la rouille et la calamine. Les huiles, les graisses et les salissures adhérant mécaniquement peuvent être éliminées avec des nettoyants alcalins ou acides.

L'efficacité du nettoyage peut être renforcée par des températures plus élevées des bains actifs ainsi que par l'énergie mécanique, notamment par le traitement par pulvérisation ou par ultrasons.

L'acier peut généralement être nettoyé de manière hautement alcaline, tandis que les aciers galvanisés et l'aluminium sont traités avec des nettoyants légèrement alcalins ou en milieu légèrement acide.

Lors du nettoyage du zinc ou de l'aluminium moulé sous pression, un décapage de la surface du métal, qui renforce en fait l'effet du nettoyage, peut être indésirable. Il est possible de réduire l'effet de décapage en ajoutant des additifs spéciaux au nettoyant. La rouille et la calamine sont éliminées par décapage dans des acides. Ceux-ci contiennent généralement des inhibiteurs qui empêchent la dissolution du métal nu. Pour le décalaminage de l'Acier non allié, les décapages à l'acide sulfurique ou chlorhydrique sont courants, pour le dérouillage, on utilise avantageusement de l'acide phosphorique inhibé. Les matériaux en fer et en acier sont souvent nettoyés par électrolyse, assistée par des concentrés de nettoyage hautement alcalins. Les aciers inoxydables ou alliés sont généralement décapés par une solution de décapage composée entre autres d'acide nitrique et d'acide fluorhydrique.

Pour les pièces ne présentant qu'une faible contamination par l'huile, facile à éliminer, des décapages contenant des agents tensioactifs permettent de dérouiller et de dégraissier en une seule étape. Si aucune exigence particulière n'est posée à la protection contre la corrosion de la pièce, il est possible de renoncer à une phosphatation ultérieure si le décapage est effectué avec de l'acide phosphorique. Celui-ci laisse un mince film de phosphate irisé bleuâtre sur la surface, qui constitue une bonne base d'adhérence pour le revêtement suivant et convient comme protection contre la corrosion temporaire.

Après le décapage ainsi que le Nettoyage alcalin, les pièces doivent impérativement être rincées à l'eau déminéralisée.

3.2 Construction de couches de conversion par phosphatation

Les couches de conversion se forment par réaction chimique de la surface du métal avec la solution de traitement, avec formation d'une couche solidement soudée, généralement inorganique.

3.2.1 Phosphatation alcaline/phosphatation au fer

Lors de la phosphatation alcaline, ou phosphatation au fer, la surface métallique réagit avec une solution acide de phosphates alcalins. Les solutions aqueuses d'anions phosphates ne contiennent pas de cations métalliques propres qui participent à la formation de la couche. Les cations nécessaires à la formation de la couche proviennent du matériau de base, c'est pourquoi on parle souvent de phosphatation non génératrice de couche dans le cas de la phosphatation alcaline. (i. Cf. 3.2.2. Phosphatation au zinc).

La couche produite par la phosphatation alcaline sur les métaux ferreux est un agglomérat amorphe de phosphates, d'oxydes et d'hydroxydes de fer divalent et trivalent avec un poids de couche de 0,2 à 1,0 g/m², ce qui correspond à une épaisseur de couche d'environ 0,15 à 0,8 µm.

Selon la qualité de la tôle, l'épaisseur de la couche et l'accélérateurs utilisés, les surfaces phosphatées peuvent présenter les colorations les plus diverses, du jaune au bleu irisé, en passant par l'or ou le gris.

Lors du traitement d'alliages de zinc ou d'aluminium, les ions de fer ne sont pas disponibles pour former une couche. Dans ces cas, la phosphatation au fer/alcalin agit uniquement comme un décapage.

Cependant, il est également possible de traiter avantageusement d'autres métaux tels que les alliages de zinc ou d'aluminium par des procédés de phosphatation alcaline.

La phosphatation alcaline ne suffit généralement pas pour les surfaces peintes exposées aux intempéries et à l'humidité permanente, mais elle est suffisante comme protection contre la corrosion pour les pièces peintes avec de la peinture en poudre dans des locaux non exposés.

3.2.2 Phosphatation au zinc sur l'Acier

Contrairement à la phosphatation alcaline décrite ci-dessus, la phosphatation avec une solution acide de phosphate de zinc primaire forme des couches, car elle fournit des épaisseurs de couche d'environ 8 à 20 µm. Les ions zinc ou métalliques de la solution de phosphate constituent dans ce cas les cations formant la couche, tandis que le phosphate de la solution de phosphore agit comme anion.

La formation de couches de phosphate de zinc et de phosphate de fer et de zinc tertiaires (phosphophyllite, Zn₂Fe(PO₄)₂) à la surface de l'acier est accélérée par des accélérateurs ou catalyseurs.

Le fer dissous lors de la formation de la couche précipite sous forme de phosphate de fer après une nouvelle oxydation. En raison des réactions chimiques lors de la formation de la couche et de l'évacuation avec les pièces, la solution de phosphatation s'appauvrit en composants actifs. Ceux-ci sont réintroduits en continu dans le bain par l'ajout d'une solution dite complémentaire.

Pour obtenir des couches finement cristallisées qui présentent des propriétés optimales, on utilise des agents activants - généralement à base de composés de titane - pour le prérinçage avant la phosphatation. Ces agents d'activation sont également souvent incorporés dans le nettoyant alcalin, de sorte qu'aucune étape de traitement supplémentaire n'est nécessaire. Les procédés de phosphatation à base de phosphate de zinc sont largement utilisés comme prétraitement avant les tâches de peinture ou de revêtement.

3.3 Constitution de couches de conversion par prétraitements contenant du chrome

3.3.1 Situation des prétraitements contenant du chrome

Les inconvénients des procédés de chromatation verte décrits ci-après découlent des nombreux dangers potentiels qu'ils présentent. Les chromatations sont produites dans des bains de traitement aqueux, contenant notamment de l'acide chromique, qui sont très dangereux pour l'eau. Cela vaut aussi bien pour la chromatation transparente que pour la chromatation avec un poids de couche plus élevé, la chromatation verte.

Bien que les couches formées lors de la chromatation verte soient théoriquement composées de phosphates de chrome (CrPO_4) et d'aluminium (AlPO_4) non toxiques après la réaction, celle-ci ne peut pas être appliquée sans risque. Cela est dû, d'une part, au fait que l'on part toujours de composés de chrome (VI) lors de la fabrication du produit chimique de traitement pour la chromatation verte et, d'autre part, aux éventuelles proportions résiduelles de chrome hexavalent qui, avec environ $0,01 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ pour une couche de chromatation verte, devraient généralement se situer en dessous de la limite de détermination.

Même si, jusqu'à présent, seule l'utilisation de prétraitements contenant du chrome VI est exclue par les réglementations nationales, il est recommandé, avant de choisir d'autres prétraitements contenant du chrome pour les éléments de façade, notamment pour les projets de construction publics ou bénéficiant de subventions publiques, de vérifier les réglementations régionales ainsi que les dispositions d'exécution prescrites dans les appels d'offres.

3.3.2 Chromatation verte

On reconnaît la chromatation verte respectivement à la couleur des couches de conversion produites à des épaisseurs de couche plus élevées. La solution de traitement peut être appliquée par pulvérisation ou par immersion.

Les solutions de traitement pour la chromatation verte contiennent essentiellement de l'acide fluorhydrique, de l'acide chromique et de l'acide phosphorique. Pour la réaction de formation de couche, on part donc également du trioxyde de chrome (CrO_3) ou de l'oxyde de chrome (VI) comme pour la chromatation jaune interdite.

La concentration de fluorure détermine le poids de la couche. Si le poids de la couche n'est pas trop élevé, la couche est exempte de chrome hexavalent. Il n'est toutefois pas exclu que des épaisseurs de couche élevées apparaissent, en particulier pour les pièces travaillées à la louche, entraînant des chromates hors des solutions de bain qui, une fois séchés après le rinçage, sont dangereux dans toutes leurs potentialités et entraînent en outre une détérioration de l'adhérence. La couche de chromate déposée se compose de phosphates d'aluminium et de chrome trivalent et ne présente pas de structure cristalline.

Pour l'application en tant que prétraitement pour le revêtement, on utilise des grammages de 400 à $1200 \text{ mg}/\text{m}^2$.

Les chromatations vertes améliorent de manière remarquable l'adhérence et l'inhibition de la corrosion pour le revêtement appliqué par la suite. Les chromatations vertes sont également souvent utilisées pour former des couches de conversion sur des aciers galvanisés en vue d'un revêtement poudre organique ultérieur.

3.4 Constitution de couches de conversion par prétraitements sans chrome

3.4.1 Composants de couche étrangers à l'alliage

C'est surtout l'impact nettement moindre sur l'environnement ainsi que les coûts réduits pour la protection du travail et de l'environnement qui conduisent à l'éviction des prétraitements contenant du chrome par les prétraitements sans chrome.

En règle générale, la gestion du bain et l'analyse nécessitent un peu plus d'entretien, les processus de rinçage sont un peu plus coûteux.

La protection contre la corrosion pour un éventuel stockage intermédiaire est également plus faible dans la plupart des cas.

Il existe divers fournisseurs de produits chimiques de prétraitement sans chrome qui peuvent être classés en fonction des produits chimiques de base :

- a) Composés de titane et/ou de zirconium
- b) Composés de titane/(fluor)polymère
- c) Composés de zirconium/fluor
- d) Organosilanes

La plupart des prétraitements sans chrome peuvent également être appliqués à la fois par pulvérisation et par immersion. Certains sont également multimétalliques. Ils se distinguent en ce qui concerne les processus de rinçage nécessaires ou non après le revêtement de conversion, selon qu'il s'agit d'un processus de rinçage ou de non-rinçage.

Il est recommandé de choisir des procédés de prétraitement qui ont été approuvés par les groupements de qualité GSB et/ou Qualicoat et qui satisfont donc déjà, en plus d'une longue expérience en matière de vieillissement (ex. : Hoek van Holland), à de multiples exigences en matière de stabilité des procédés et d'aptitude à la transformation.

Comme pour les prétraitements contenant du chrome, les substrats doivent être préalablement nettoyés et rincés. Alors que pour les aciers et les aciers galvanisés, un nettoyage acide suffit pour certains prétraitements sans chrome, les substrats en aluminium sont soumis à un dégraissage acide par décapage. La plupart du temps, plusieurs rinçages sont nécessaires après le dégraissage à l'acide, en utilisant de l'eau déminéralisée.

Dans le cas d'un traitement sans rinçage, le rinçage après le traitement de conversion n'est pas nécessaire. Les procédés sans chrome permettent des températures de séchage plus élevées, tant en mode rinçage qu'en mode sans rinçage. Les températures plus élevées ont l'avantage de favoriser le dégazage avant le revêtement dans le cas de substrats poreux et, de manière générale, de réduire les temps de séchage.

4. prétraitements mécaniques

Outre les processus chimiques par voie humide mentionnés ci-dessus, des nettoyages et/ou prétraitements mécaniques peuvent également être utilisés, notamment pour les aciers non alliés, faiblement alliés et galvanisés. Dans ce cas, le traitement mécanique peut remplir différentes fonctions :

- élimination de graisses, de saletés ou de produits de corrosion tels que la rouille et la calamine
- élimination de résidus de soudure
- Casser les arêtes vives dues au laser ou à la coupe
- Augmentation de la surface, en particulier sur les bavures, les arêtes et les surfaces de coupe pour une bonne adhérence de la peinture.

La norme DIN 55633 fournit également des indications plus détaillées : "Produits de revêtement - protection contre la corrosion des constructions métalliques par des systèmes de revêtement en poudre - évaluation des systèmes de revêtement en poudre et exécution du revêtement".

4.1 Grenaillage de l'Acier

Lors de la mise en œuvre de l'Acier, l'élimination complète de la rouille jusqu'au métal nu par brossage mécanique, ponçage ou grenailler est l'une des conditions préalables à l'obtention d'un revêtement résistant à la corrosion. Les surfaces d'acier brut doivent dans tous les cas présenter le degré de préparation de surface Sa 2½ selon la norme DIN EN ISO12944-4.

Le grenaillage mécanique permet d'améliorer considérablement l'adhérence du revêtement sur le substrat. Les abrasifs appropriés sont : les abrasifs minéraux ou silicatés comme le corindon ou le verre.

En règle générale, plus l'objet à grenailler est anguleux et de grande taille, plus la surface est rugueuse. Cela s'accompagne d'une meilleure adhérence de la primaire sur le support, ce qui entraîne à son tour une meilleure protection contre la corrosion. Les grains ronds sont moins abrasifs et compriment de manière désavantageuse. Pour une bonne adhérence de la peinture, la rugosité moyenne obtenue Rz doit être comprise entre 40 µm et 80 µm.

La condition de base pour une bonne adhérence de la peinture et une protection contre la corrosion est que la surface soit entièrement débarrassée des graisses et des huiles avant le grenailler.

4.2 Balayage de l'Acier galvanisé

La préparation de la surface ne doit pas endommager la couche de protection anticorrosion existante (par ex. galvanisation ou galvanisation en continu).

Le balayage selon la norme DIN EN ISO 12944-4 est un procédé très similaire au sablage à l'air comprimé. Les principales différences résident dans la pression beaucoup plus faible (2,5-3 bar) et le type d'abrasif. Celui-ci est plus fin (granulométrie de 0,25 mm à 0,5 mm) et ne doit pas contenir de composants métalliques rouillés. Les abrasifs non métalliques selon DIN EN ISO 11126-3 à DIN EN ISO 11126-7 ont fait leurs preuves, de même que les abrasifs métalliques tels que les granulés de fonte de chrome (grit) ou le verre pilé (grit).

Les perles de soudure et la calamine doivent être éliminées à l'aide d'une ponceuse, dans la mesure où la géométrie du profil le permet ; le cas échéant, retoucher avec un pistolet de sablage et un abrasif minéral (par ex. corindon).

Les conditions de base pour une bonne adhérence de la poudre et une protection contre la corrosion sont que la surface soit entièrement débarrassée des graisses et des huiles avant le grenailler.

4.3. traitement ultérieur de l'Acier grenaillé

Les surfaces traitées mécaniquement sont hautement oxydables en raison de l'agrandissement des surfaces et doivent être traitées sans délai.

Tout d'abord, les impuretés dues au grenaillage doivent être éliminées par air comprimé ou/et par nettoyage chimique ou prétraitement chimique. L'air comprimé n'élimine généralement que les poussières grossières, tandis que, par exemple, un traitement chimique de surface tel qu'une phosphatation au fer offre, outre l'élimination des poussières les plus fines, une certaine protection contre la corrosion pendant la suite de la mise en œuvre pour les surfaces en acier.

Un traitement chimique de surface est un complément utile au prétraitement mécanique pour le revêtement poudre ultérieur et favorise l'adhérence au support :

Pour les supports acier, il faut prévoir des procédés de phosphatation selon la norme DIN EN 9717 "Revêtements phosphatés sur métaux" - Procédures pour la définition des exigences, de préférence la phosphatation au zinc. Pour l'Acier brut, la chromatation n'est pas possible.

Pour les Aciers galvanisés, la phosphatation au zinc est préférable après le prétraitement mécanique par balayage.

Les couches de conversion sans chrome à base de zirconium et de titane peuvent donner des résultats équivalents par rapport à la chromatation classique.

Il est recommandé d'obtenir une preuve des valeurs d'adhérence souhaitées par des tests de protection contre la corrosion (p. ex : climat alterné à l'eau condensée selon DIN EN ISO 6270-2 ainsi que test de pulvérisation selon DIN EN ISO 9927).

4.4. structures de protection contre la corrosion

La résistance des systèmes de protection anticorrosion par des revêtements organiques tels que le revêtement poudre doit être déterminée en fonction de la durée de protection souhaitée et des conditions environnementales définies dans la norme DIN EN ISO 12944-2.

La durée de protection et les intervalles de temps pour la durée de protection sont définis dans la norme DIN EN ISO 12944-1. La durée de protection des systèmes de revêtement en poudre dépend de différents paramètres :

- conception de la pièce et de l'objet
- exposition après le revêtement (emplacement, utilisation)
- état de la surface de l'acier ou du revêtement de zinc avant la préparation ou le prétraitement
- soin apporté au nettoyage et efficacité du prétraitement
- Type de système de revêtement. Déterminant dans ce cas :
 - a) Nombre de couches (système bicoche ou non)
 - b) Epaisseur des couches respectives
 - c) Résistance à la pénétration du système de peinture dans les atmosphères favorisant la corrosion.

La norme DIN 55633-1, "Produits de revêtement - Protection contre la corrosion des constructions métalliques par des systèmes de revêtement en poudre - Evaluation des systèmes de revêtement en poudre et exécution du revêtement", définit pour les deux catégories de substrat fondamentales - acier non allié ou acier faiblement allié ; acier galvanisé à chaud - des durées de protection reconnues selon la classification de la norme DIN EN ISO 12944-1.
Pour les catégories de corrosivité pertinentes (C2, C3, C4, C5-I et C5-M), les structures de couches nécessaires pour atteindre les durées de protection (par ex. le nombre de couches et les épaisseurs de couches) y sont prescrites.

IGP Pulvertechnik AG répond à ces exigences en proposant une série de primaires anticorrosion adaptés aux substrats et aux vernis de finition.

Vous obtiendrez des renseignements détaillés sur les mesures et les systèmes de protection contre la corrosion auprès de nos inspecteurs formés à la protection contre la corrosion et de nos conseillers spécialisés.