

Revêtements de surface pour éléments d'assemblage

Les revêtements de surface servent en premier lieu de protection anticorrosion. Un second aspect essentiel est le réglage d'une plage de valeurs de friction afin d'obtenir une précontrainte minimale déterminée pour un couple de serrage donné. L'apparence peut également être décisive pour le choix de la finition de surface. Texte et photos : Ing. Konstantin Matt

Die deutsche Fassung erschien in der Ausgabe vom Juli 2020.

		Lubrifiant supplémentaire	Scellement/couche de finition	Lubrifiant supplémentaire
		Couche de conversion	Couche de conversion	Couche de conversion
Revêtem. métallique	Revêtem. métallique	Revêtement métallique	Revêtement métallique	Revêtement métallique
Métal de base	Métal de base	Métal de base	Métal de base	Métal de base

Illustration a : Structure fondamentale des systèmes de revêtement galvanique.

La pratique montre qu'il est pris le plus grand soin au bon choix des dimensions, à la classe de résistance et au frein de vis lors de la conception d'éléments d'assemblage, mais qu'il n'est en général pas attaché assez d'importance à la finition de leurs surfaces. Cette situation est fréquemment à l'origine de dommages précoces causés par la corrosion ou de fractures de vis dues à la fragilisation par l'hydrogène. Il résulte alors la plupart du temps des coûts consécutifs très élevés en raison de la défaillance de l'ensemble de la construction ou du remplacement nécessaire des éléments d'assemblage. Les systèmes de revêtement les plus importants en théorie seront décrits dans le présent article et seront illustrés par des essais pratiques.

Systèmes de revêtement déposés par galvanisation selon SN EN ISO 4042 Il s'agit dans ce cas d'un processus électrolytique. La pièce sert de cathode, différentes anodes en zinc sont utilisées selon le type de revêtement. Les systèmes de revêtement les plus usuels sont le zinc et les alliages en zinc-fer et zinc-nickel. D'autres revêtements possibles sont le cadmium, le nickel, le chrome, le cuivre, l'argent, l'étain et leurs alliages. Des couches de conversion, des scellements et des couches de finition supplémentaires accroissent considérablement la protection anticorrosion et augmentent simultanément la résistance mécanique, celle aux produits chimiques ainsi que la stabilité thermique. Des lubrifiants intégrés ou appliqués ultérieurement permettent de régler une

plage de valeurs de friction. Les revêtements en zinc, alliages de zinc et cadmium offrent de plus une protection cathodique en cas d'endommagement du revêtement. Le chrome (VI) n'est déjà plus très utilisé, raison pour laquelle les couches de conversion libres (passivations) utilisées sont aujourd'hui presque toutes exemptes de ce métal. L'illustration a) ci-dessus montre la structure fondamentale des systèmes de revêtement galvanique.

L'essai au brouillard salin neutre selon SN EN ISO 9227 est utilisé pour évaluer la résistance à la corrosion d'un système de revêtement. Il est destiné à surveiller la stabilité du processus de galvanisation. L'essai au brouillard salin doit ainsi être exécuté sur des échantillons à >



Illustration b : Aspect d'éléments d'assemblage zingués passivés bleu. L'apparence typique va de clair à bleuâtre, le bleuâtre pouvant varier d'une irisation bleu clair à bleu sombre. Utilisation : les vis à zingage galvanique passivées bleu ne sont prévues que pour l'intérieur. Il faut éviter l'exposition directe aux intempéries.

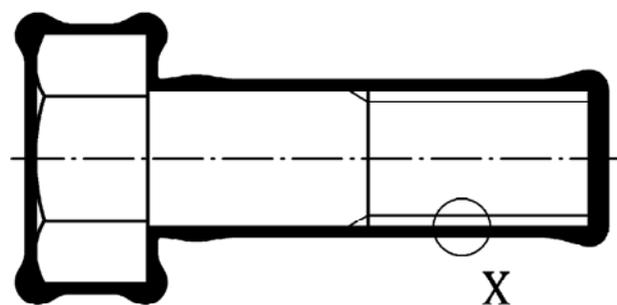


Illustration c : Répartition de l'épaisseur de la couche sur une vis à six pans (source: ISO 4042).

		Lubrifiant	Couche de finition	Lubrifiant
		Couche de base	Couche de base	Couche de base
Couche de base	Couche de base	Couche de base	Couche de base	Couche de base
Métal de base	Métal de base	Métal de base	Métal de base	Métal de base

Illustration d : Combinaisons de base de systèmes de revêtement de zinc lamellaire.

TRAITEMENTS DE SURFACE

> l'état « revêt », c'est-à-dire une fois toutes les étapes de revêtement terminées (y compris l'application d'un scellement, d'une couche de finition ou d'un lubrifiant) et avant les processus en vrac tels que tri, emballage, transport ou stockage.

Pour ce qui est de la protection anticorrosion, ISO 4042 fait la différence entre la corrosion de revêtement (corrosion blanche) et la corrosion de métal de base (rouille rouge) du revêtement au tambour. La SN EN ISO 19598 traite non seulement les valeurs de protection anticorrosion du revêtement au tambour, mais aussi celui sur support dont il résulte une plus longue durée de protection anticorrosion. Les éléments d'assemblage soumis à des normes produits sont normalement fabriqués « zingués passivés bleu », couramment appelé « zingués bleu » (voir illustration b). Ce système de revêtement garantit 48 heures contre la rouille rouge pour une épaisseur de couche de 5 micromètres et déjà 72 heures pour une couche de 8 micromètres. Les systèmes de revêtement passivés en zinc-nickel garantissent la plus grande protection anticorrosion, 720 heures contre la rouille rouge pour une épaisseur de couche de 8 micromètres. Pour certaines applications spéciales, les revêtements à base de zinc sont soumis à un essai avec de l'anhydride sulfureux (essai).

La précipitation électrolytique a l'inconvénient d'une épaisseur de couche irrégulière, c'est-à-dire qu'elle est plus importante sur les bords extérieurs et plus fine dans les cavités (fond du filetage, empreintes intérieures etc., voir illustration c). Les pièces longues présentent une épaisseur de couche plus importante aux extrémités extérieures qu'en leur milieu. Ceci est appelé effet os de chien.

Systèmes de revêtement de zinc lamellaire déposés par voie non électrolytique selon SN EN ISO 10683

Les revêtements de zinc lamellaire sont déposés par voie non électrolytique. Ils peuvent être déposés en utilisant le principe de trempage-centrifugation ou de pulvérisation selon le procédé au tambour ou sur support. Ici aussi, il est possible, comme pour les revêtements galvaniques, de déposer des couches de finition et de lubrifiant supplémentaires. L'illustration d) montre les combinaisons possibles.

Ici aussi, l'essai au brouillard salin neutre selon ISO 9227 sur les échantillons à l'état « revêt » sert à évaluer la protection anti-corrosion (voir la description du procédé ISO 4042). La protection anticorrosion est de 480 heures sans rouille rouge pour une épaisseur de couche de 5 micromètres et de 720 heures pour une couche de 8 micromètres. Les systèmes de revêtement de zinc lamellaire présentent ainsi une valeur de protection bien supérieure à celle des zingages galvaniques usuels. Pour certaines applications spéciales, les revêtements sont soumis à un essai avec de l'anhydride sulfureux (essai Kesternich). L'illustration e) montre l'aspect typique de vis standard possédant un revêtement de zinc lamellaire.



Figure e : Revêtement de zinc lamellaire sur des vis standard. Utilisation : les systèmes de zinc lamellaire sont mieux protégés contre la corrosion que des vis à zingage galvanique. Toutefois, ils sont prévus exclusivement pour l'intérieur. Il faut éviter l'exposition directe aux intempéries.

L'épaisseur de couche peut beaucoup varier selon la géométrie des éléments dans le procédé de trempage-centrifugation. Les résidus peuvent être importants, en particulier dans les empreintes intérieures, les cavités et le fond du filetage. C'est la raison pour laquelle la norme recommande une concertation relative à cette problématique entre le fournisseur et le client pour les éléments d'assemblage dont le pas est inférieur à 1 mm (correspond à M5 et plus petit). Les éléments d'assemblage volumineux de grands diamètres et longueurs sont en général revêtus sur un support car le revêtement au tambour causerait des dommages considérables aux flancs du filetage. Les pièces de grande surface fines ou légères peuvent en outre coller les unes aux autres.

Galvanisation à chaud selon SN EN ISO 10684

La galvanisation à chaud consiste à déposer un revêtement de zinc sur l'élément par trempage dans du zinc fondu suivi d'une centrifugation. L'ISO 10684 limite l'application aux éléments d'assemblage en acier avec filetages normaux de M8 à M64 et aux classes de résistance jusqu'à 10.9 pour les vis et 12 pour les écrous. Il est cependant possible d'appliquer aussi les définitions de cette norme aux pièces en acier sans filetage. Font également partie de la galvanisation à chaud la galvanisation de pièces selon SN EN ISO 1461 et la galvanisation en continu selon SN EN 10143 et SN EN 10346, ces dernières ne seront pas prises en considération ici.

Lors de la galvanisation à chaud selon ISO 10684, on fait la différence entre la galvanisation à température normale (455 à 480 °C) et à haute température (530 à 560 °C). La température de bain du zinc ne doit pas se situer entre 480 et 530 °C. Lors de la galvanisation à haute température, le revêtement obtenu est lisse et mat par rapport à la galvanisation à température normale. Les vis de la classe de résistance

10.9 à partir de la taille de filetage M27 et plus ne doivent pas être galvanisées à haute température car des micro-fissures pourraient se former. L'illustration f) montre des vis HV selon SN EN 14399 avec galvanisation à température normale.

Lors de la galvanisation à chaud, l'épaisseur de couche locale doit être d'au moins 40 micromètres. C'est la raison pour laquelle des mesures particulières sont nécessaires à la garantie de fonctionnement entre vis/écrou. Les filetages doivent présenter des tolérances sur dimensions particulières pour obtenir le jeu de filetage indispensable.

Il est pour cela possible de fabriquer les écrous avec surépaisseur du filetage (6AZ ou 6AX) ou des vis au filetage plus fin dans la classe de tolérance 6az. Il est à noter que les écrous avec surépaisseur ne doivent pas être associés à des vis au filetage plus fin car cette combinaison provoquerait vraisemblablement un raclement du filetage. Les propriétés mécaniques selon ISO 898-1 et ISO 898-2 sont applicables aux vis au filetage plus fin et aux écrous avec surépaisseur à partir de la dimension M12 et plus.

Les pièces galvanisées à chaud ne doivent pas présenter de bulles, de dépôts de fondant, de tâches noires ni d'inclusions de laitier. Ainsi, elles ne doivent présenter aucun endroit à nu sans revêtement ou autres défauts pouvant influencer sur la fonction/l'utilisation prévue des pièces. Il existe un procédé défini, qui ne sera pas décrit ici, pour contrôler l'adhérence de la galvanisation à chaud.

Brunissage d'éléments en matériaux ferreux selon DIN 50938

Au cours de ce procédé, on obtient des revêtements noirs homogènes en trempant les pièces dans des solutions salines alcalines très chaudes. La couche de brunissage en résultant est une couche de conversion noire obtenue



Illustration f : Vis HV galvanisées à chaud.

Utilisation : utilisations extérieures dans la construction en acier et en métal : halles et bâtiments industriels, téléphériques et pylônes de téléphériques, mâts, pylônes à haute tension, éoliennes, ponts, etc.



Illustration g : Vis brunie et huilée.

Utilisation : le brunissage d'aspect noir est surtout utilisé pour son esthétique. Utilisation seulement en intérieur et dans des milieux non corrosifs.

par oxydation thermique. Les matériaux ferreux en aciers non alliés ou peu alliés et la fonte sont des matériaux possibles. Grâce à la faible épaisseur de la couche de conversion d'environ un micromètre, les dimensions des pièces respectent dans leur ensemble les cotes. Les surfaces des éléments doivent être exemptes de graisse, de calamine et d'oxydes et autres impuretés avant le brunissage à proprement parler.

Lors du brunissage, il est procédé à une répartition en trois groupes de procédés en fonction de la masse de la couche de brunissage rapportée à la surface. Il est fait la différence entre le brunissage à un, deux et trois bains. Plus le nombre de bains est élevé, plus la masse de la couche de brunissage rapportée à la surface est élevée sur l'élément.

La température de bain est d'environ 135 à 145 °C. Pour les procédés à plusieurs bains, un rinçage intermédiaire avec de l'eau froide est réalisé entre chaque bain. Les temps de trempage sont de 5 à 20 minutes en fonction de la combinaison de matériaux, de la concentration et de la température du bain ainsi que du type et de la nature des éléments. Un rinçage à l'eau froide puis à l'eau très chaude est réalisé après le brunissage. Pour finir ont lieu le séchage des éléments dans le four à environ 120 °C et une conservation finale avec de l'huile de protection anticorrosion.

Selon la définition de la norme, la couche de brunissage doit recouvrir la surface du matériau de base de manière régulière et entière d'une teinte homogène et si possible très noire. Les tâches brunâtres ou verdâtres causées par une surconcentration ou une souillure de la solution de brunissage ne doivent pas être visibles. La couche de brunissage ne doit présenter aucune coloration excepté pour les matériaux en fonte et les éléments trempés quand elle est essuyée avec un chiffon blanc propre. L'illustration g) montre une vis brunie et huilée.

Revêtements au phosphate sur métaux selon SN EN ISO 9717

Lors de la phosphatation, les éléments sont revêtus par trempage dans une solution phosphatée. L'application par aspersion ou la pulvérisation sont d'autres procédés possibles. Les types de revêtement les plus importants sont les phosphates de fer, de manganèse, de zinc et de zinc/calcium. De tels revêtements sont principalement déposés sur les matériaux ferreux, l'aluminium, le zinc et le cadmium dans le but de garantir une plus grande résistance à la corrosion et d'améliorer l'adhérence des revêtements organiques situés par dessus. Un avantage supplémentaire des revêtements au phosphate consiste dans l'amélioration des propriétés de friction qui facilitent par exemple les procédés de formage à froid. Un inconvénient des revêtements au phosphate est leur porosité. Il est cependant possible d'y remédier en les scellant. Un pré-traitement approprié des surfaces pour éliminer toute graisse, huile ou calamine est obligatoire.

Selon la définition de la norme, les revêtements doivent recouvrir uniformément les surfaces métalliques et ne doivent pas présenter de tâches blanches ni de produits corrosifs. De légères variations d'aspect des revêtements ne sont pas sujettes à réclamation. Selon le type de revêtement, l'aspect de la couleur peut s'étendre du gris clair au gris foncé et jusqu'au noir.

Si aucun test de résistance à la corrosion n'est défini entre le client et le fournisseur, l'essai au brouillard salin neutre selon ISO 9227 sera utilisé. Il est à noter dans ce contexte que les revêtements au phosphate non traités n'offrent aucune protection anticorrosion. La plupart du temps, on réalise un traitement ultérieur avec des agents de scellement, des graisses, des huiles ou de la cire. Les couches de phosphate étant endommagées à des températures supérieures à 120 °C, d'autres revêtements

tels que les microblindages, dont la température de cuisson se situe à plus de 120 °C, doivent être considérés comme critiques.

Passivation d'éléments d'assemblage en aciers inoxydables selon SN EN ISO 16048

Les aciers inoxydables contiennent, selon SN EN ISO 3506-1/4, une part de chrome d'au moins 10,5%, indépendamment du groupe d'acier (austénitique, martensitique, ferritique). Une très fine couche de passivation d'oxyde de chrome, transparente, se forme à la surface de l'acier au contact avec l'oxygène provenant des fluides ambiants. Lorsque la surface subit un dommage mécanique, cette couche de passivation se reforme automatiquement sous l'influence de l'oxygène. On appelle cela l'effet d'autoréparation. Quand l'acier spécial est utilisé dans des environnements pauvres ou exempts d'oxygène, aucun oxyde de chrome ne peut se reformer (pas de repassivation possible) et le matériau n'a ainsi pas de protection. Grâce à la passivation de l'acier spécial, il est possible d'augmenter la pellicule d'oxyde d'une épaisseur d'environ 0,002 micromètre.

Le décapage s'effectue avant la passivation à proprement parler. Les pièces sont ainsi dégraissées et purées du point de vue chimique. Selon le groupe d'acier, le décapage s'effectue dans de l'acide nitrique ou sulfurique pendant 5 à 30 minutes à une température de bain de 20 à 80 °C. La passivation à proprement parler a lieu dans de l'acide nitrique après le décapage. La passivation dure entre 10 et 30 minutes, la température de bain se situe entre 15 et 40 °C. Selon la norme, il n'existe actuellement aucune méthode d'essai pour démontrer la couche d'oxyde qui s'est formée, cela doit être prouvé par le système d'assurance de la qualité du fabricant.

Plus d'informations : www.sfs.ch