

CORROSIONE**Rivestimenti di conversione fosfatica per metalli
Metodo per specificare le caratteristiche****UNI
ISO 9717****Sostituisce UNI 4716 e UNI 5343**

Phosphate conversion coatings for metals - Method of specifying requirements

Couches de conversion au phosphate sur métaux - Méthode de spécification des caractéristiques

La norma ISO 9717 (edizione maggio 1990) è stata adottata senza varianti nella presente norma italiana.*Premessa nazionale alla norma UNI ISO 9717*

La norma ISO 9717 è stata elaborata dal Comitato Tecnico ISO/TC 107 "Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici".

Essa ha raggiunto la maggioranza per essere accettata dal Consiglio dell'ISO come norma internazionale. In base a quanto sopra, la Commissione "Protezione dei materiali metallici contro la corrosione" dell'UNI ha giudicato, da un punto di vista tecnico, la norma ISO 9717 rispondente alle esigenze nazionali.

La corrispondenza tra le norme citate al punto "Riferimenti" e le norme italiane è la seguente:

ISO 3892:1980 = UNI ISO 3892:1987

ISO 4519:1980 = UNI ISO 4519:1992

Versione in lingua italiana della norma ISO 9717**PREMESSA**

L'ISO (Organizzazione Internazionale di Normazione) è un'associazione mondiale di Organismi nazionali di normazione. L'elaborazione delle norme internazionali compete ai suoi Comitati Tecnici. Ogni Organismo nazionale di normazione che è interessato all'argomento per il quale è stato insediato un Comitato Tecnico ha il diritto di essere rappresentato in tale Comitato.

Partecipano ai lavori anche le Organizzazioni internazionali che intrattengono rapporti con l'ISO.

I progetti elaborati da un Comitato Tecnico per essere pubblicati come norme internazionali vengono sottoposti per approvazione agli Organismi nazionali di normazione prima di essere accettati dal Consiglio dell'ISO come norme internazionali.

Essi sono approvati secondo le procedure ISO che richiedono l'approvazione almeno del 75% degli Organismi nazionali di normazione votanti.

(segue)

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione sia di nuove edizioni sia di fogli di aggiornamento. È importante pertanto che gli utenti delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione o foglio di aggiornamento.

Introduzione

I rivestimenti di conversione fosfatica vengono applicati su metalli ferrosi, alluminio, zinco e acciaio zincato, cadmio e sue leghe, sia come finitura sia come strato intermedio per successivi rivestimenti.

Essi servono per:

- a) impartire resistenza alla corrosione;
- b) migliorare l'adesione di vernici e di altre finiture organiche;
- c) facilitare le operazioni di deformazione a freddo, quali trafilatura di filo, trafilatura di tubi ed estrusione;
- d) modificare le caratteristiche superficiali di attrito ai fini di facilitare lo scorrimento.

Una descrizione generale dei principi del processo è fornita, come guida, nell'appendice A. Raccomandazioni per l'applicazione del rivestimento e per i successivi trattamenti, con riferimento a ciascun tipo di uso finale, sono forniti nelle appendici B, C, D e E.

1. Scopo

La presente norma descrive un metodo per definire i requisiti dei rivestimenti di conversione fosfatica, utilizzati principalmente per applicazione su metalli ferrosi, alluminio, zinco, cadmio e loro leghe.

2. Riferimenti

Le norme sottoindicate contengono disposizioni valide anche per la presente norma in quanto in esse espressamente richiamate.

Al momento della pubblicazione della presente norma erano in vigore le edizioni sottoindicate.

Tutte le norme sono soggette a revisione, pertanto gli interessati che stabiliscono accordi sulla base della presente norma sono invitati a verificare la possibilità di applicare eventuali edizioni più recenti delle norme richiamate.

L'UNI come pure il CEI posseggono gli elenchi delle norme internazionali in vigore ad una determinata data.

ISO 3768:1976	Rivestimenti metallici - Prova in nebbia salina neutra (NSS test) ¹⁾
ISO 3892:1980	Rivestimenti di conversione chimica su materiali metallici - Determinazione della massa di rivestimento per unità di area - Metodi gravimetrici
ISO 4519:1980	Rivestimenti metallici elettrolitici e simili - Procedimento di collaudo statistico per attributi

3. Informazioni che devono essere fornite dal committente al fornitore

Nota 1 - È necessario uno stretto collegamento tra i progettisti, i costruttori e i fornitori del rivestimento di conversione, al fine di ottenere risultati soddisfacenti e per evitare effetti negativi sulle proprietà meccaniche del pezzo.

1) Nota nazionale - Superata dalla ISO 9227:1990 (UNI ISO 9227:1993).

3.1. Principali informazioni

Le seguenti informazioni devono essere fornite dal committente al fornitore:

- a) il numero della presente norma;
- b) la composizione nominale oppure la specifica e le condizioni metallurgiche del metallo base;
- c) il procedimento di campionamento da adottare e i livelli di qualità accettabili (LQA) richiesti (vedere 5);
- d) il codice di classificazione del rivestimento (vedere 4);
- e) la massa di rivestimento per unità di area (7.2) e, se concordato, lo spessore richiesto (7.2, nota 5);
- f) ulteriori requisiti relativi al post-trattamento [4.2 d)];
- g) la preparazione superficiale richiesta prima del rivestimento di conversione fosfatico (A 2);
- h) l'aspetto superficiale (7.1);
- i) i requisiti di resistenza alla corrosione (7.3 e appendice H).

3.2. Informazioni aggiuntive

Le seguenti informazioni aggiuntive possono essere richieste specificatamente dall'acquirente e, se necessario, dopo aver consultato il fornitore del rivestimento: ogni requisito relativo a trattamenti di distensione prima della fosfatazione e/o riduzione dell'infragilimento da idrogeno dopo la fosfatazione (appendice F).

4. Codice di classificazione dei rivestimenti

4.1. Tipi di rivestimento

I principali tipi di rivestimenti di conversione fosfatica e le loro designazioni sono indicate nel prospetto I.

Prospetto I - Sommario dei principali tipi di rivestimenti di conversione fosfatica

Tipo di rivestimento	Designazione
Fosfato di zinco	Znph
Fosfato di zinco-calcio	ZnCaph
Fosfato di manganese	Mnph
Fosfato di ferro (II)	Fehph
Fosfato di ferro (II) (da trattamento con fosfati alcalini)	Feph

Nota 2 - *Esistono altri tipi di rivestimento che includono fosfati di zinco modificati con ferro e/o nichel e/o manganese. Il metallo usato per modificare il rivestimento sarà normalmente presente sotto forma di un sale doppio come $Zn_2Me(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$, dove Me rappresenta Fe(II), Ni o Mn. Lo zinco rimane il principale metallo costituente di questi rivestimenti ai quali, per evitare confusione, non viene attribuita una designazione specifica. Bisognerebbe anche notare che nel rivestimento viene incorporato frequentemente metallo proveniente dal substrato.*

4.2. Codice di classificazione del rivestimento di conversione

Il codice di classificazione del rivestimento comprende i seguenti quattro elementi:

- a) un simbolo, dato nel prospetto I, che costituisce la designazione del tipo di rivestimento;
- b) un simbolo che indica la funzione del rivestimento di conversione nel modo seguente:
 - r - protezione contro la corrosione,
 - z - per facilitare la deformazione a freddo,
 - g - per facilitare l'azione di scorrimento;
- c) un numero che indica la massa di rivestimento per unità di area, in grammi al metro quadro, con una tolleranza pari a $\pm 30\%$;
- d) un simbolo che indica un successivo post-trattamento del rivestimento di conversione nel modo seguente:
 - e - coloritura,
 - f - applicazione di oli o grassi,
 - w - applicazioni di cere,
 - s - applicazione di saponi,
 - a - applicazione di prodotti vernicianti o analoghi materiali di rivestimento,
 - d - applicazione di sigillanti inorganici o organici non filmogeni.

Il codice di classificazione del rivestimento di conversione, che deve essere aggiunto alla designazione del metallo base dei componenti da fosfatare, non dovrà necessariamente contenere i quattro elementi sopra indicati: per esempio solo tre elementi saranno sufficienti se non è richiesto un post-trattamento. Possono anche essere indicate combinazioni di post-trattamenti: per esempio coloritura (e), seguita da oliatura (f), o sigillatura (d), seguita da verniciatura (a).

Un esempio di un codice di classificazione completo per un rivestimento di conversione fosfatica può essere il seguente:

rivestimento al fosfato di zinco applicato per impartire protezione contro la corrosione, con massa unitaria di $3 \pm 0,9 \text{ g/m}^2$, con la verniciatura come post-trattamento, ha il seguente codice di classificazione del rivestimento:

Znph r 3 a

5. Campionamento

I campioni al fine della prova devono essere in accordo alle appropriate procedure fornite nella ISO 4519.

Questi campioni devono essere dello stesso metallo o lega dei componenti che rappresentano e devono possedere caratteristiche superficiali simili a questi.

6. Trattamento dei metalli base prima del rivestimento

6.1. Rinvenimento

Se il committente specifica che è necessario un trattamento di rinvenimento (3.2), dovrebbe essere effettuato il necessario trattamento termico, in accordo con F 1.

6.2. Pallinatura

Vedere F 1.

7. Rivestimento di conversione fosfatica

7.1. Aspetto

Un esame del rivestimento dovrebbe essere in accordo con le informazioni fornite in appendice G, al fine di valutare l'aspetto (colore e dimensione cristallina) e l'uniformità del rivestimento.

7.2. Massa di rivestimento per unità di area

La massa di rivestimento per unità di area dovrebbe essere conforme alle opportune raccomandazioni date nelle appendici B, C, D e E e deve essere determinata in accordo al metodo appropriato fra quelli specificati nella ISO 3892.

Nota 3 - *Per controllo della qualità, potranno essere usati, fra gli strumenti disponibili, quelli che danno una lettura diretta della massa di rivestimento per unità di area. È comunque essenziale che essi siano calibrati usando rivestimenti campione che abbiano masse di rivestimento per unità di area dello stesso ordine di grandezze di quelle da misurare.*

Nota 4 - *Se richiesto, il tipo di rivestimento utilizzato può essere identificato con il metodo specificato nell'appendice J.*

Nota 5 - *Nel caso di rivestimenti pesanti, la quantità di fosfati depositata è talvolta espressa in termini di spessore di rivestimento, in particolare ai fini del controllo qualità. L'uso di questa alternativa (e la selezione di un opportuno metodo di prova) dovrebbe essere oggetto di accordo fra il fornitore del rivestimento e il committente.*

Nota 6 - *Altre proprietà del rivestimento, quali profilo superficiale e dimensione cristallina, possono essere determinate mediante un accordo tra il committente e il fornitore del rivestimento.*

7.3. Resistenza alla corrosione

La resistenza alla corrosione del componente rivestito dovrebbe essere determinata usando il metodo opportuno specificato in appendice H.

7.4. Idoneità del rivestimento a facilitare la deformazione a freddo

I metodi di prova per determinare l'idoneità del rivestimento di conversione fosfatica a facilitare la deformazione a freddo dei metalli non vengono qui specificati a causa delle difficoltà di simulare le effettive condizioni di processo. La scelta di un opportuno rivestimento dovrebbe essere perciò effettuata in accordo con le raccomandazioni fornite nell'appendice D.

7.5. Idoneità del rivestimento a facilitare lo scorrimento

I metodi di prova per determinare l'idoneità di un rivestimento di conversione fosfatica a facilitare lo scorrimento non vengono qui specificati a causa delle difficoltà di simulare le effettive condizioni di processo. La scelta di un opportuno rivestimento dovrebbe essere perciò effettuata in accordo con le raccomandazioni fornite nell'appendice E.

8. Trattamento termico dopo il rivestimento

Se il committente specifica un trattamento di eliminazione dell'infragilimento da idrogeno (3.2), dovrebbe essere effettuato un opportuno trattamento termico in accordo con F 2.

9. Post-trattamento

Se il committente specifica un post-trattamento della superficie rivestita fosfatica [3.1 f)], dovrebbero essere effettuati i necessari trattamenti in accordo con i requisiti nelle appendici B, C, D e E.

(segue)

APPENDICE A

(informativa)

Linee guida informative

A 1. Generalità

I rivestimenti di conversione fosfatica sono prodotti per trattamento con soluzioni i cui costituenti principali sono gli opportuni ortofosfati idrogenati riportati nel prospetto A 1. Questi rivestimenti sono principalmente applicati su materiali ferrosi, alluminio, zinco e cadmio e differiscono fra loro nella massa di rivestimento per unità di area e nella massa volumica apparente, in funzione:

- a) del materiale costituente il pezzo e le sue condizioni superficiali dei componenti;
- b) dei precedenti trattamenti meccanici e chimici dei componenti;
- c) delle condizioni operative del processo di fosfatazione.

Nota 7 - Tutti i rivestimenti di conversione fosfatica sono più o meno porosi ma possono essere opportunamente sigillati per mezzo di appropriati post-trattamenti. I principali tipi di rivestimenti di conversione fosfatica e le loro caratteristiche sono riassunte nel prospetto A 1.

A 2. Preparazione superficiale

- A 2.1.** Prima della fosfatazione, tutti i depositi superficiali, ruggine, grasso, oli, ditate, materiali estranei, dovrebbero essere eliminati dalla superficie da trattare per mezzo di un metodo, o di una combinazione di metodi, opportuni per il particolare processo di fosfatazione implicato. Metodi che diano luogo ad una struttura cristallina grossolana possono non essere opportuni. Per evitare di ottenere un rivestimento di conversione fosfatica di grana grossolana o di massa eccessiva del rivestimento per unità di area, dovrebbero essere minimizzati l'uso di alcali forti e di acidi nelle operazioni di pulizia. Se le condizioni superficiali dei componenti richiedono un tale tipo di trattamento, prima della fosfatazione dovrebbe essere applicato un risciacquo neutralizzante. I componenti puliti dovrebbero essere adeguatamente risciacquati in acqua calda o fredda per rimuovere ogni residuo del processo di pulizia che potrebbe compromettere la composizione del bagno o la qualità del rivestimento. Un risciacquo condizionante che favorisca la formazione di rivestimenti a grana fine può essere applicato immediatamente prima della fosfatazione senza ulteriori risciacqui. I materiali, a base di sali di titanio, sono di uso corrente e facilmente disponibili in commercio. È anche possibile incorporare tali materiali in sgrassanti a spruzzo debolmente alcalini, eliminando così la necessità di un risciacquo condizionante separato. Comunque, anche in questo caso, il risciacquo prima della fosfatazione è essenziale.

Nota 8 - Alcuni processi di fosfatazione combinano la preparazione superficiale con la fosfatazione.

- A 2.2.** Può essere necessario far seguire all'utilizzo di soluzioni di decapaggio contenenti agenti bagnanti o inibitori, l'immersione del pezzo in una soluzione acida senza agente o inibitore oppure immersione in un'opportuna soluzione alcalina, per togliere eventuali pellicole assorbite.

A 3. Metodi di applicazione

La fosfatazione è generalmente effettuata immergendo il componente in un bagno di rivestimento (con agitazione della soluzione se necessario), o per abbondante irrorazione, oppure spruzzando il componente con la soluzione di rivestimento. Applicazioni a rullo possono comunque essere usate nel caso di nastri di acciaio zincati o non zincati. I componenti fosfatati sono poi usualmente risciacquati con acqua, essiccati e post-trattati in funzione dell'uso finale a cui sono destinati. Dettagli completi delle condizioni di processo possono naturalmente essere ricavati dalle opportune istruzioni operative dei prodotti utilizzati.

(segue)

Nota 9 - Quale normale sotto-prodotto, nell'operazione di fosfatazione si forma del fango. Questo usualmente non interferisce con il processo, tuttavia dovrebbero essere evitate forme di agitazione che causino depositi di fango sul componente. La filtrazione del bagno evita il deposito di fango sui pezzi trattati.

Nelle appendici B, C, D e E rispettivamente vengono fornite raccomandazioni per l'applicazione di rivestimenti di conversione fosfatica, e i relativi post-trattamenti, per metalli ferrosi, leghe di metalli a base di alluminio, zinco e cadmio, a scopo di:

- protezione anticorrosiva;
- miglioramento dell'adesione di prodotti vernicianti e rivestimenti similari e per migliorare la resistenza alla corrosione del metallo base;
- per facilitare la deformazione a freddo;
- per facilitare l'azione lubrificante e anti-usura.

A 4. Trattamenti termici successivi alla fosfatazione

Vedere F 2.

Prospetto A 1 - Caratteristiche dei rivestimenti di conversione fosfatica

Principale costituente(i) del bagno di fosfatazione	Tipo di rivestimento prodotto	Designazione del rivestimento	Aspetto usuale del rivestimento	Massa di rivestimento per unità di area su (g/m ²)			
				Materiali ferrosi	Alluminio	Zinco	Cadmio
$\text{Zn (H}_2\text{PO}_4)_2$	Fosfato di zinco	Znph	Da grigio chiaro a grigio scuro, cristallino	da 1 a 30	da 0,3 a 10	da 1 a 60	da 1 a 60
$\text{Zn (H}_2\text{PO}_4)_2$ $\text{Ca (H}_2\text{PO}_4)_2$	Fosfato di zinco calcio	ZnCaph	Da grigio chiaro a grigio scuro, finemente cristallino	da 1 a 10	—	da 1 a 10	—
$\text{Mn (H}_2\text{PO}_4)_2$	Fosfato di manganese	Mnph	Da grigio chiaro a grigio scuro, cristallino	da 1 a 30	—	—	—
$\text{Me (I) H}_2\text{PO}_4$ ¹⁾	Fosfato di metallo soggetto a trattamento (più ossidi di ferro nel caso di materiali ferrosi)	Feph	Rivestimenti amorfi compresi tra 0,1 g/m ² e 1g/m ² Iridescente esempio da giallastro al grigio blu Rivestimenti oltre 1g/m ² Grigio	da 0,1 a 1,5	< 0,3	da 0,1 a 2	—
$\text{Fe (H}_2\text{PO}_4)_2$	Fosfato ferroso (II)	Fephph	Colore grigio scuro, cristallino	da 5 a 60	—	—	—
1) Me (I) denota un catione di un metallo alcalino, oppure NH_4^+ .							

APPENDICE B

(Informativa)

**Raccomandazioni per rivestimenti di conversione fosfatica,
applicati al fine di conferire protezione anticorrosiva**

Nel prospetto B 1 sono riassunte alcune raccomandazioni relative ai rivestimenti di conversione fosfatica, con relativi post-trattamenti, applicati per conferire protezione anticorrosiva.

Sui rivestimenti di conversione fosfatica in funzione anticorrosiva viene generalmente effettuato un risciacquo finale con soluzioni acquose contenenti cromo, oppure particolari composti organici quali i tannini. Qualora sia necessario applicare una finitura organica solubile in acqua, senza essiccamento intermedio, è raccomandato un risciacquo finale con acqua deionizzata. In assenza di post-trattamenti, i rivestimenti di conversione fosfatica forniscono una protezione contro la corrosione solo di breve durata. Per ottenere una protezione più efficace, a lungo termine, sono necessari opportuni trattamenti addizionali in funzione dell'uso a cui è destinata la superficie fosfatata: per esempio, applicazione di oli protettivi, grassi o cere (vedere prospetto B 1). Tali post-trattamenti dovrebbero essere preferibilmente effettuati prima di un immagazzinaggio a lungo termine dei componenti fosfatati.

**Prospetto B 1 - Raccomandazioni per i rivestimenti di conversione fosfatica
e per i post-trattamenti al fine di conferire protezione anticorrosiva**

Metallo di base	Rivestimento fosfatico		Post-trattamento	Protezione anticorrosiva ottenuta	Applicazioni tipiche e utilizzi finali
	Tipo di trattamento preferito	Massa del rivestimento per unità di area g/m ²			
Materiali ferrosi	Feph	da 0,1 a < 1,5	Nessuno	Protezione temporanea in ambiente secco (senza condensazione)	Immagazzinaggio a breve termine, nello stabilimento dei componenti (≤ 24 h)
	Znph	da 1 a 5	Nessuno		
	Znph } Mnph }	> 5, ma preferibilmente > 10	Nessuno Nessuno	Protezione a più lungo termine in ambiente secco (senza condensazione)	Immagazzinaggio a più lungo termine, nello stabilimento dei componenti (≤ 7 d)
	Znph } Feph } Mnph }	> 5, ma preferibilmente > 10	Oli protettivi o cere, secondo richiesta dopo colorazione del rivestimento		
	ZnCaph	> 5		Protezione temporanea all'esterno ma con copertura dalla pioggia	Protezione contro la corrosione per trasporto, durante immagazzinaggio a lungo termine

(segue)

APPENDICE C

(informativa)

Raccomandazioni per rivestimenti di conversione fosfatica, applicati al fine di conferire migliori proprietà di aderenza di prodotti vernicianti e rivestimenti simili e per migliorare la resistenza alla corrosione

Nel prospetto C 1 sono riassunte alcune raccomandazioni relative ai rivestimenti di conversione fosfatica, applicati per migliorare l'aderenza di prodotti vernicianti e rivestimenti simili e per migliorare la resistenza alla corrosione del metallo base.

Se i componenti fosfatati devono essere verniciati, laccati o rivestiti in modo simile, essi dovrebbero essere prima risciacquati in acqua corrente pulita e, successivamente, preferibilmente in acqua deionizzata, per rendere la superficie esente da residui solubili in acqua provenienti dai trattamenti, che potrebbe dar luogo a formazione di bolle sulla pellicola di vernice. È ugualmente importante che la superficie fosfatata da verniciare sia esente da contaminazioni ulteriori quali polvere o impronte digitali.

Prospetto C 1 - Raccomandazioni per i rivestimenti di conversione fosfatica per assicurare buona aderenza delle vernici e rivestimenti simili e per migliorare la resistenza alla corrosione

Metallo base	Rivestimento fosfatico		Post-trattamento	Applicazioni tipiche e utilizzi finali
	Tipo di trattamento preferito	Massa di rivestimento per unità di area g/m ²		
Metalli ferrosi Zinco Alluminio Cadmio	Znph ZnCaph	da 1 a 10, ma preferibilmente, da 1 a 4	Prodotti vernicianti e rivestimenti simili	Carrozzerie di veicoli a motore, frigoriferi, lavatrici
Metalli ferrosi	Feph	da 0,1 a < 1		
Zinco	Znph	da 1 a 5		Carrozzerie di veicoli a motore, lamiere e nastri da deformare dopo verniciatura e in particolare dove è utilizzata la piegatura di un post-trattamento organico

(segue)

APPENDICE D

(informativa)

Raccomandazioni per rivestimenti di conversione fosfatica applicati per facilitare la deformazione a freddo

Per facilitare la deformazione a freddo, sono preferibili i rivestimenti di conversione fosfatica a base di zinco. Le raccomandazioni relative alla massa di rivestimento per unità di area per i vari tipi di utilizzi finali sono forniti nel prospetto D 1.

I rivestimenti a base fosfato di zinco devono essere neutralizzati, dopo risciacquo, per mezzo di un trattamento con una soluzione acquosa debolmente alcalina. Possono essere applicati lubrificanti a base di sapone per immersione in una opportuna soluzione saponosa (trafila di tubi, intestatura di bulloni ed estrusione a freddo, profonda imbutitura), o con lubrificanti a base di sapone possono essere applicati sotto forma di polvere anidra (trafila di filo). Nel caso di applicazione a immersione, il sapone reagisce con lo strato di fosfato di zinco, dando luogo a stearato di zinco aderente al rivestimento di fosfato di zinco. Prima della lubrificazione con saponi secchi, i fili possono essere immersi in una soluzione concentrata di borace, calce o metasilicato di sodio che agisce da supporto per il lubrificante.

**Prospetto D 1 - Massa del rivestimento di conversione fosfatica a base di zinco per unità di area
raccomandata per facilitare la deformazione a freddo**

Utilizzo finale	Massa del rivestimento per unità di area g/m^2
Trafilatura di filo d'acciaio	da 5 a 15
Trafilatura di tubi saldati d'acciaio	da 3 a 10
Trafilatura di tubi d'acciaio di precisione	da 4 a 10
Intestatura dei bulloni ed estrusione a freddo	da 5 a 20
Profonda imbutitura senza riduzione dello spessore della parete	da 2 a 5
Profonda imbutitura con riduzione dello spessore della parete	da 5 a 15

(segue)

APPENDICE E

(informativa)

Raccomandazioni per rivestimenti di conversione fosfatica applicati per facilitare lo scorrimento

I rivestimenti a base di fosfato di manganese sono generalmente preferiti per facilitare l'azione di scorrimento. Raccomandazioni per questi tipi di rivestimenti, relative alla massa per unità di area per le diverse utilizzazioni, sono fornite nel prospetto E 1.

Dovrebbero anche essere presi in considerazione i seguenti fattori:

- a) sebbene vengano generalmente preferiti i rivestimenti a base di fosfati di manganese, anche altri tipi di rivestimento possono essere utilizzati, per esempio il fosfato di zinco, a livelli di rivestimenti più bassi. Il tipo di rivestimento prescelto dipenderà dagli sforzi che esso dovrà subire nell'applicazione a cui è destinato;
- b) il livello di rivestimento prescelto dipende dalle tolleranze dimensionali del componente da rivestire, nell'unità assemblata;
- c) tali rivestimenti vengono normalmente utilizzati insieme ad un opportuno lubrificante.

Prospetto E 1 - Massa del rivestimento di conversione fosfatica a base di manganese per unità di area per facilitare lo scorrimento

Utilizzo finale	Massa del rivestimento per unità di area g/m ²	Note
Componenti con tolleranze ridotte, per esempio pistoni dei compressori per frigoriferi	da 3 a 5	Rivestimenti prevalentemente a base di fosfato di manganese (assenza di ferro nel bagno)
Componenti con tolleranze abbondanti, per esempio meccanismi vari, corone dentate e pignoni per meccanismi e differenziali	da 5 a 20	Rivestimento a base di fosfato di ferro e manganese (ferro presente nel bagno)

(segue)

APPENDICE F

(informativa)

Guida al trattamento termico dell'acciaio

F 1. Trattamento termico di rinvenimento prima della fosfatazione

F 1.1. Generalità

Il rinvenimento delle tensioni superficiali interne e dannose, per mezzo di un opportuno trattamento termico, migliora la resistenza ai cedimenti per fatica. Di regola, le tensioni interne che hanno luogo durante la tempra sono eliminate a temperature di 400 °C e oltre e le tensioni superficiali, sviluppate durante le operazioni meccaniche di finitura, possono essere ridotte riscaldando a temperature di 200 °C e oltre. Il rinvenimento delle benefiche tensioni di compressione superficiale, introdotte durante i cicli produttivi, per esempio nella pallinatura o nella rullatura superficiale, dovrebbe comunque essere evitata. Le parti possono, se necessario, essere sgrassate prima del trattamento termico ma il rinvenimento dovrebbe essere effettuato prima della pulizia. Il trattamento di rinvenimento può essere omesso per acciai tipo "maraging" che siano stati invecchiati dopo la lavorazione finale.

F 1.2. Parti di acciaio pesantemente deformato a freddo

Le parti di acciaio pesantemente deformate a freddo possono richiedere un rinvenimento per l'eliminazione delle tensioni. Come indicazione generale, tali parti dovrebbero essere mantenute per 30 min alla più alta temperatura possibile che non ne comprometta la resistenza.

F 1.3. Parti di acciaio con resistenza alla trazione compresa fra 1 000 N/mm² e 1 400 N/mm²

Le parti fabbricate in acciaio avente resistenza alla trazione non minore di 1 000 N/mm² (o durezza superficiale equivalente) né maggiore di 1 400 N/mm², che siano state rettificare o sottoposte a pesanti lavorazioni meccaniche dopo la tempra finale, dovrebbero subire un trattamento di rinvenimento ad una temperatura compresa tra 130 e 230 °C (preferibilmente vicino al limite superiore dell'intervallo) per non meno di 1 h o appena al di sotto della temperatura di tempra per un tempo compreso fra 5 e 30 min. Ogni trattamento di rinvenimento dovrebbe essere effettuato dopo un accurato sgrassaggio e una successiva completa rimozione del prodotto sgrassante prima del riscaldamento. Parti nelle quali siano state introdotte benefiche tensioni di compressione in qualunque parte della superficie, per esempio per pallinatura o per mezzo di lavorazioni a freddo, non dovrebbero essere scaldate oltre i 130 °C.

F 1.4. Parti di acciaio con resistenza alla trazione maggiore di 1 400 N/mm²

Il trattamento di rinvenimento consiste nel riscaldare le parti alla più alta temperatura possibile entro i limiti imposti dalla tempra, dalla temperatura d'invecchiamento o da eventuali particolarità dell'acciaio relative all'fragilimento da tempra, e in ogni caso non minore di 200 °C. Il tempo di trattamento dovrebbe essere non minore di 18 h a 200 °C, 6 h a 250 °C, 2 h a 300 °C, 1 h a 400 °C o temperature maggiori, seguito da un raffreddamento in aria ferma. Qualora vi siano parti cementate che non debbano essere fosfatate sulla superficie cementata, queste possono comunque subire un rinvenimento a non più di 130 °C per 6 h, poiché una temperatura superiore può ridurne la durezza superficiale fino ad un livello inaccettabile. Il trattamento di rinvenimento dovrebbe essere effettuato su tutte le parti che non hanno subito un trattamento meccanico al fine d'introdurre una benefica tensione di compressione sulla superficie, per esempio per pallinatura o per rullatura superficiale.

Viene raccomandato un rinvenimento prima dei trattamenti meccanici effettuati per introdurre le tensioni di compressione benefiche sulla superficie. Se questo viene effettuato, non dovrebbe essere ripetuto dopo il trattamento meccanico. Se non è stato praticato alcun trattamento di rinvenimento precedente, allora le parti su cui è stato effettuato il trattamento meccanico non dovrebbero essere sottoposte a rinvenimento; le parti che hanno subito un trattamento meccanico solo su una piccola parte della superficie dovrebbero

(segue)

successivamente essere sottoposte a rinvenimento con il suddetto procedimento, ma a temperature comprese tra 200 e 230 °C.

Nota 10 - *Al di là di quanto sopra menzionato, molle pallinate o granigliate possono subire un trattamento di rinvenimento a qualunque temperatura sino ad un massimo di 230 °C.*

F 2. Eliminazione dell'infragilimento da idrogeno dopo la fosfatazione

F 2.1. Acciai pesantemente deformati a freddo

Parti fabbricate con acciai pesantemente deformati a freddo o con acciai aventi resistenza alla trazione di circa 1 000 N/mm², o maggiore, dovrebbero subire un trattamento termico immediatamente dopo fosfatazione, lavaggio ed essiccamento e prima della applicazione della finitura supplementare. Le condizioni di trattamento termico sono date nel prospetto F 1.

Nota 11 - *Si richiama l'attenzione sulla possibile disidratazione dei rivestimenti fosfatici, particolarmente quelli a base di fosfato di zinco e sul conseguente abbassamento della resistenza alla corrosione a causa del trattamento di de-infragilimento alle temperature più alte. Preferibilmente, i rivestimenti a base di fosfato di zinco non dovrebbero essere scaldati oltre 150 °C, e quelli a base di fosfato di manganese oltre i 170 °C.*

F 2.2. Acciai induriti superficialmente

Acciai che hanno subito un trattamento di cementazione, acciai temperati a fiamma o per induzione e, successivamente, lavorati, vengono danneggiati dai trattamenti indicati nel prospetto F 1 e dovrebbero invece essere trattati termicamente ad una temperatura minore, per esempio compresa tra 130 e 150 °C per non meno di 6 h.

Prospetto F 1 - Riduzione dell'infragilimento da idrogeno dopo fosfatazione

Resistenza alla trazione N/mm ²	Trattamento termico
da 1 000 a 1 400	da 130 a 200 °C per 1 h min.
da 1 400 a 1 800	da 150 a 200 °C per 4 h min.
maggiore di 1 800	da 170 a 200 °C per 6 h min.
Nota - <i>Le temperature indicate sono quelle reali dei pezzi.</i>	

APPENDICE G

(informativa)

Aspetto dei diversi tipi di rivestimento di conversione fosfatica

L'aspetto usuale (cristallinità, colore e uniformità del rivestimento) dei principali tipi di rivestimenti di conversione fosfatica è riassunto nel prospetto G 1. La dimensione della grana può essere determinata per mezzo dell'uso di un microscopio ottico o di un microscopio a scansione elettronica. Il rivestimento fosfatico dovrebbe essere uniforme, esente da macchie, da zone non ricoperte, graffi, polvere e residui bianchi. Differenze nella colorazione o nella tonalità di colorazione in zone differenti del pezzo o da pezzo a pezzo non dovrebbero essere considerate come causa di rifiuto. Variazioni minori nell'aspetto dei rivestimenti fosfatici dovute, per esempio, a variazioni superficiali del metallo base o al contatto con i supporti durante la fosfatazione sono comuni e non sono normalmente indicative di oscillazioni importanti della qualità.

Prospetto G 1 - Aspetto usuale dei rivestimenti di conversione fosfatica

Tipo di rivestimento	Come osservarlo	Colore	Cristallinità	Uniformità del rivestimento
Znph Mnph Fehph	Osservazione senza aiuti o ingrandimenti $\leq \times 6$	Da grigio chiaro a grigio scuro I rivestimenti con Fehph sono grigio scuro	La struttura cristallina è normalmente osservabile	—
Finemente cristallino Znph Mnph ZnCaph	Ingrandimenti $\leq \times 6$	Da grigio chiaro a grigio scuro	La struttura cristallina è difficilmente osservabile	Rivestimento uniforme, nessuna traccia di puntini bianchi, prodotti di corrosione, tracce di ditate
Feph	Ingrandimenti $\leq \times 6$	Iridescente variabile fra il giallognolo e il grigio-blu (per livelli di rivestimento $\approx 0,1 \text{ g/m}^2$ a 1 g/m^2) Grigio (per livelli di rivestimento $> \approx 1 \text{ g/m}^2$)	Non è osservabile alcuna struttura cristallina	—

(segue)

APPENDICE H

(informativa)

Determinazione della resistenza alla corrosione

H 1. Determinazione della resistenza alla corrosione dei metalli con rivestimenti fosfatici che non siano stati post-trattati e ricoperti con finiture organiche

Deve essere utilizzato il procedimento specificato nella ISO 3768. Le parti fosfatate, o i lamierini di prova da esaminare, vengono posti nella camera di prova, esposti all'ambiente specificato per i periodi riportati nel prospetto H 1, quindi rimossi per la valutazione. Il prospetto H 1 dà i tempi minimi di esposizione, in ore, che devono essere raggiunti da parti in ferro fosfatate non post-trattate prima che compaia la prima evidenza di corrosione.

Prospetto H 1 - Esposizioni minime ammissibili (in ore) prima della comparsa del primo segno di corrosione, per superfici ferrose fosfatate e non post-trattate

Tipo di rivestimento fosfatico	Rivestimenti fosfatici a base di zinco	Rivestimenti fosfatici a base di manganese	Rivestimenti fosfatici a base di ferro(II)
Designazione	Znph	Mnph	Fehph
Massa del rivestimento (g/m ²) per unità di area	> 10	> 15	> 15
Tempo minimo di esposizione (in ore)	2	1,5	1,5

H 2. Determinazione della resistenza alla corrosione di rivestimenti di conversione fosfatica che siano stati post-trattati con oli anticorrosivi

H 2.1. Principio

I provini fosfatati sono post-trattati con l'opportuno mezzo di protezione contro la corrosione nelle condizioni specificate e questi provini post-trattati sono sottoposti alla prova di nebbia salina neutra (NSS) descritta nella ISO 3768. La prova può essere usata sia per valutare uno specifico sistema di protezione contro la corrosione, sia per una prova comparativa su una gamma di rivestimenti di conversione fosfatica associati con un determinato olio anticorrosivo.

H 2.2. Post-trattamento

H 2.2.1. Trattamento specifico

Immergere il componente fosfatato, o il lamierino di prova, nel mezzo anticorrosivo in esame, seguendo attentamente le opportune istruzioni e accertandosi che la pellicola liquida, semi-solido o cerosa che si è in tal modo formata sulla superficie fosfatata, sia esente da bolle d'aria e da discontinuità. Prima della prova sospendere i provini per almeno 24 h a temperatura di 23 ± 5 °C e a una umidità relativa non maggiore del 65%, in atmosfera esente da polveri o da correnti, in modo da permettere all'olio in eccesso di gocciolare e al solvente di evaporare.

(segue)

H 2.2.2. Prova comparativa

Sospendere i provini fosfatati (preventivamente essiccati ad una temperatura compresa tra 100 e 120 °C e raffreddati a temperatura ambiente) a opportuni ganci di plastica, o di acciaio plastificato, e immergerli verticalmente nell'olio prescelto per 1 min alla temperatura di 25 ± 2 °C. Durante questo tempo muovere i lamierini di prova lentamente avanti e indietro e, poi, toglierli gradualmente dall'olio in circa 30 s. La pellicola di olio, che così si è formata sulle superfici fosfatate deve essere esente da bolle d'aria e discontinuità.

Sospendere i lamierini di prova per almeno 24 h a una temperatura di 23 ± 5 °C e a un'umidità relativa non maggiore del 65%, in atmosfera esente da polvere e da correnti, prima della prova.

H 2.3. Procedimento

Sottoporre i componenti post-trattati, o i lamierini di prova, (H 2.2) alla prova di nebbia salina neutra descritta nella ISO 3768.

Nota 12 - Questa prova determina il tempo di esposizione raggiungibile da uno specifico sistema anticorrosivo prima che si renda visibile la prima traccia di corrosione.

A questo scopo estrarre i provini dalla camera di prova a intervalli predeterminati e esaminarli visivamente per determinare eventuali tracce di corrosione. In base ad accordi particolari, si può specificare se la pellicola o lo strato di post-trattamento debba essere rimosso prima dell'esame visivo dei componenti, o dei lamierini di prova.

Per rivestimenti fosfatici particolari, può aver luogo una considerevole dispersione nei risultati relativi ai tempi di esposizione fino alla prima traccia di corrosione, in funzione della composizione del mezzo di post-trattamento e del livello di rivestimento. La prescrizione dei tempi minimi di esposizione per rivestimenti fosfatici post-trattati deve perciò essere sempre riferita a specifici prodotti appartenenti alla categoria degli oli anticorrosivi, grassi o cere, indicando la quantità di rivestimento conosciuta, in grammi al metro quadro, così come si può determinare per differenza di peso.

Nota 13 - Il tempo minimo di esposizione e il modo di valutazione dovrebbe essere oggetto di accordo tra le parti.

APPENDICE J

(informativa)

Identificazione dei rivestimenti di conversione fosfatica

J 1. Scopo e campo di applicazione

La presente appendice descrive i metodi per l'identificazione del tipo di rivestimento fosfatico. Essi sono applicabili ai rivestimenti contenenti fosforo, ferro, manganese, zinco e calcio. Essi non sono applicabili per il rilevamento di ferro o di zinco se questi metalli sono presenti nel metallo base.

J 2. Metodo 1

J 2.1. Principio

Rimozione del rivestimento di conversione fosfatica da un provino per mezzo di trattamento con soluzione di idrossido di sodio. Rilevamento degli elementi presenti nella soluzione per mezzo di qualsiasi tecnica analitica opportuna, per esempio con spettrometria ad assorbimento atomico.

J 2.2. Reagenti

Durante l'analisi usare solo reagenti di qualità analitica riconosciuta e acqua distillata, oppure acqua di purezza equivalente.

J 2.2.1. **Idrossido di sodio**, soluzione alla concentrazione di 50 g/l circa.

J 2.3. Apparecchiatura

Normale apparecchiatura di laboratorio e

J 2.3.1. **idoneo strumento opportuno**, adatto per il rilevamento del fosforo, manganese, zinco e calcio, ad esempio uno spettrometro ad assorbimento atomico per metalli.

J 2.4. Provino

Usare un provino che abbia un'area superficiale rivestito di 100 cm² circa.

J 2.5. Procedimento

Immergere il provino (J 2.4) in 100 ml di soluzione di idrossido di sodio (J 2.2.1), mantenuta a una temperatura compresa tra 80 e 90 °C, sino a che il rivestimento è stato completamente rimosso, o ha subito almeno un attacco visibile. Se necessario, rimuovere il rivestimento sfregando con una bacchetta gommata. Usando l'opportuno strumento analitico (J 2.3.1), rilevare quali degli elementi fosforo, manganese, zinco e calcio siano presenti nella soluzione di prova.

(segue)

J 3. Metodo 2

In alternativa al metodo 1 (J 2) può essere utilizzato un microscopio a scansione elettronico equipaggiato per spettroscopia a energia dispersa (EDS), che può essere usato per il rilevamento diretto dei metalli presenti nei rivestimenti.

J 4. Interpretazione dei risultati

Tenendo presente gli elementi rilevati, identificare i tipi di rivestimento in base al prospetto J 1.

Prospetto J 1 - Identificazione del tipo di rivestimento di conversione fosfatica

Elementi rilevati	Tipo di rivestimento
Fosforo	A base fosfatica
Manganese	Mnph
Zinco (assenza di calcio)	Znph
Zinco e calcio	ZnCaph

Per i metalli a base ferrosa l'assenza di manganese o di zinco nel rivestimento indica quasi certamente che il rivestimento è costituito da fosfato di ferro (II).

**Rivestimenti di conversione fosfatica per metalli
Metodo per specificare le caratteristiche**

(UNI ISO 9717)

Approvazione dell'adozione nazionale nella versione in lingua italiana - **Commissione "Protezione dei materiali metallici contro la corrosione" dell'UNI**: 6 ott. 1993.

Approvazione dell'adozione nazionale - **Commissione Centrale Tecnica dell'UNI**, riunione del 14 dic. 1993.

Ratifica - **Presidente dell'UNI**, delibera del 10 mar. 1994.

La pubblicazione della presente norma avviene con la partecipazione finanziaria dei Soci, dell'industria, dei Ministeri e del CNR.