

C.12 PATLATMA TABANCASI SÜRECİ

Şematik olarak şek. 67 (ii) de görülen patlama tabancasıyla kaplama süreci, içinde ölçülü miktarlarda oksijen, asetilen ve azotta süspansiyon halinde kaplama malzemesi toz taneciklerinin bulunduğu hücrede bir özel namluyu kullanır. Saniyede dört kez bir kıvılcım karışımı patlatır ve tanecikleri plastik duruma getirecek sıcak ve yüksek hızlı bir gaz akımı meydana getirir. Taneciklerin ısınması, tabanca namlusunun içinden 750 m/sn hızla geçerken (Tablo 6) vaki olur. Bu ergimiş tanecikler iş parçasının yüzeyine çarpar ve burada bir mikroskobik kaynama etkisi, hem metalürjik hem de mekanik türden bir bağlantı hasıl eder. Birbiri ardında patlamalar, kaplama malzemesini özel uygulama için öngörölmüş kalınlığa getirir.

Patlama tabancasıyla uygulanmış kaplamaların niteliğinin esası, toz taneciklerinin ana malzemeye çarptıkları yüksek hızda yatar. Tablo 6' da öbür süreçlerdeki hızlar verilmiştir. Kinetik enerji hızın karesinin bir fonksiyonu olduğuna göre tanecikler, birokxi-asetilen püskürtme tabancasından çıkan enerjinin en az 25 katı enerjiyle ana metala çarpmaktadırlar. Sadece % 0,25 ilâ 1,0 gözenekli kaplamalar, tungsten karbürü ve krom karbürü malzemelerde sürekli uygulanmaktadır; bağlantı mukavemeti 56 ilâ 175 kg/mm² mertebelerindedir.

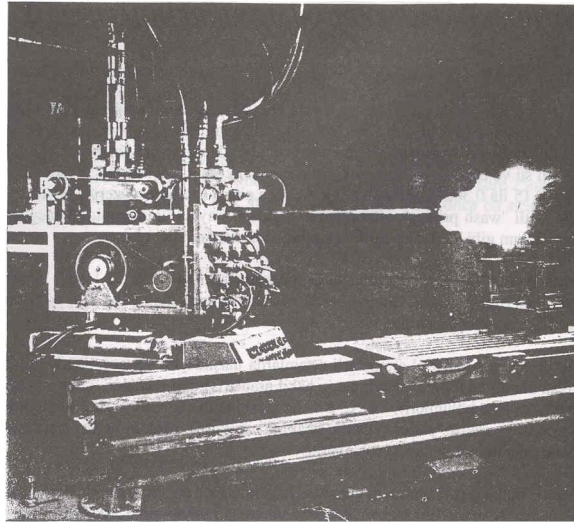
Ana malzemenin metalürjik Özellikleri, kaplama süreci sırasında değişmez. Presiz-yon parçalarının çarpılma, distorsiyon veya sair fiziksel değişmesi, soğutucu sıvı karbon dioksit püskürtmesi ile iş parçasında sıcaklığı aşağıda tuttuğuna göre az olur. Her ne kadar tabancada sıcaklıklar 3315°C in üstünde iseler de, kaplanan parçanın kiler 150°C in altında kalır.

Tablo T de, patlatma tabancası süreciyle uygulanmış bazı kaplamaların tipik mekanik ve fiziksel nicelikleri verilmiştir. Bunların hiçbirinde gözeneklik %V i geçmemektedir. Çoğunda da %0,5' in altında kalmaktadır.

Tablo 7.- Patlatma tabancası süreciyle uygulanmış bazı kaplamaların özellikleri

| Kaplama bileşimi ağırlık % | 99+% Al ₂ O ₃ | 60% Al ₂ O ₃ 40% TiO ₂ | 80% Cr ₂ O ₃ 20% Ni-Cr (hacim%) | 70% Cr ₂ O ₃ 30% Ni-Cr (hacim%) | Alaşım Cu+Ni+In | 91% WC 9% Co | 87% WC 13% Co | 85% WC 15% Co | 25% WC karışık W-Cr karbidi + 5%NiCr |
|--|---|--|--|---|---|---|--|--|---|
| Kesit sertliği (Vickers) * | 1100V/PN ₃₀₀ | 950 V/PN ₃₀₀ | 700 V/PN ₃₀₀ | 625 V/PN ₃₀₀ | 300 V/PN ₃₀₀ | 1300V/PN ₃₀₀ | 1150V/PN ₃₀₀ | 1075V/PN ₃₀₀ | 650 V/PN ₁₀₀ |
| Ana metala bağlantı mukavemeti | 10.000 psi | 9.000 psi | 18.000+psi | 18.000+psi | 11.000 psi | 25.000+psi | 25.000+psi | 25.000+psi | 20.000psi |
| Gözeneklilik | 0.5-1% | 0.5-1% | 0.25-1% | 0.25-1% | 0.25-0.5% | 0.25-0.5% | 0.25-0.5% | 0.25-0.5% | 0.5-1% |
| Yoğunluk | 3-4.5gm/cm ³ | | 6.5 gm/cm ³ | | | 14.2gm/cm ³ | 13.2gm/cm ³ | 13.2gm/cm ³ | 10.1gm/cm ³ |
| Kırlıma modülü | 20.000 psi | 19.000 psi | 70.000 psi | 95.000 psi | 135.000 psi | 80.000 psi | 90.000 psi | 100.000 psi | 40.000 psi |
| Elastisiteyet modülü | 12-16x10 ⁶ psi | 11x10 ⁶ psi | 18x10 ⁶ psi | 21x10 ⁶ psi | 30x10 ⁶ psi | 31x10 ⁶ psi | 31x10 ⁶ psi | 31x10 ⁶ psi | 8x10 ⁶ psi |
| İsl. genişleme katsayısı ** | 3.8x10 ⁻⁶ /°F (avg.70- 1800°F) | | 6.4x10 ⁻⁶ /°F (avg.70- 1800°F) | | | 4.5x10 ⁻⁶ /°F (avg.70- 1800°F) | 4.5x10 ⁻⁶ /°F (avg.70- 1800°F) | 4.7x10 ⁻⁶ /°F (avg.70- 1800°F) | 4.6x10 ⁻⁶ /°F (avg.70- 1800°F) |
| Bir oksitleyici atmosferde max. çalışma s.c. | 1800°F (982°C) | 1300°F (704°C) | 1800°F (982°C) | 1800°F (982°C) | 800°F (427°C) | 1000°F (538°C) | 1000°F (538°C) | 1000°F (538°C) | 1400°F (760°C) |
| Ana nitelikler | Aşınmaya, kimyasal tahribe ve yüksek sı- caklık bo- zulmasına dayanma | Aşınmaya dayanma; yarı iletkenler | Yüksek sı- caklık veya korozif or- tamda aşın- ma muk.; alev çarp- masına dayanıklı | Aşınma muk. ve mekanik ve ısı darbele- re yüksek sıcaklıklar- da aran muk. | Tufal dökmeye dayanma niteliği | Fevkâlâde aşınma muk. | Aşınma muk. ve ar- tan mekanik ve ısı dar- belere muk. | Aşınma muk. ve ar- tan mekanik ve ısı dar- belere muk. | Yüksek sı- caklıklarda aşınma muk., daha en yük- sü koroz- yon muk. |

* VPN = Vickers Pyramid Number
** Eşdeğer sıcaklık : 70°F = 21,1°C



Şek.69.- Patlatma tabancası donanımı

C.13 ISIL PÜSKÜRTME KAPLAMALARININ NİHAİ İŞLEMİ

Tıkamak

Isıl püskürtme kaplamalarında az ya da çok gözenek bulunduğunu görmüşlük. Bunları tıkamak, kaplamanın ömrünü uzatmak, ana metala korozif atağı önlemek için kullanılır. Alüminyum ve çinko kaplamaları demir ve çeliğin atmosfer, tuzlu su, tatlı su ve bazı kimyasalların korozyonundan korumak için geniş ölçüde kullanılır. 0,15 ilâ 0,30mm kalınlıkta bir Al veya çinko kaplaması üzerine düşük fosforik asitli "wash primer", alüminyum vinyl, saf vinyl, alüminyumla pigmentlenmiş silisyum gibi maddeler sürülerek püskürtme kaplamaları tıkanır.

Çeşitli korozif mahal ya da ortamda deney sonuçları için AWS C2 11-67, "Corrosion Tests of Metallized Coated Steel" - Matalize kaplamalı çelik için korozyon deneyi" normuna başvurulur.

Ağır deniz ve endüstriyel atmosferli ortamlarda ulaşılabilen ve tam olarak ulaşılabilen alanlar, tankların içleri, deniz nakil araçları, gemi tekneleri, çelik kazıklar (su altı, su üstü bölümleri), 480°C a kadar sıcaklıkların sürekli ya da aralıklı olduğu atmosfere maruz yerler (yüksek sıcaklık koruması), püskürtme kaplamalarına tıkama işleminin uygulandığı alanlardır.

Tıkama, makine parçalarına uygulanmış kaplamalarda da, daha çok özel işler için, kullanılır. Asitlerin gözeneklerden girip ana metali tahrip etme olanağının bulunduğu durumlarda yüksek ergime noktalı mum tıkayıcılar ya da fenoliklerle tıkamak önerilir. Yüksek basınçlı hidrolik tulumbalar (100 kg/cm² ve daha yüksek), pompa şaftları ve benzer parçalarda tıkama, havada kuruyan fenoliklerle yapılacaktır.

Hava soğutmalı motor silindirleri, içine molibden püskürtülerek eski boyutlarına getirilir. Taşlama ile bitirmeden önce bir pişme tipi fenolikle tıkanarak taşlama taşının zerrelere gözeneklere gömülmesi ve çok erken aşınmaya neden olmaları önlenir. Keza rutubetin de ana metala ulaşarak çelikte, özellikle tuzlu bir atmosferde uzun süre depolanması durumunda, korozyona neden olması da böylece engellenir.

Epoksi reçinalar, silikonlar ve sair malzemeler belli korozif koşullarda kullanılabilir. Aşırı durumlarda vakum empenyasyonu (emdirme) yöntemine başvurulabilir.

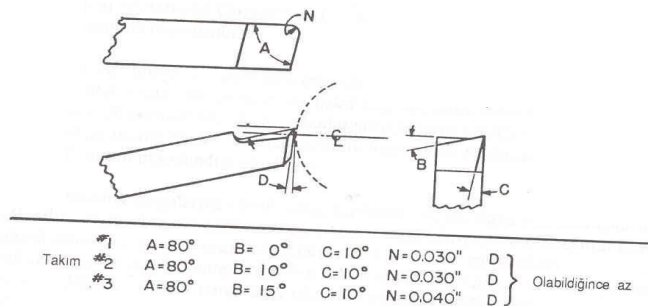
Difüzyon

İnce alüminyum kaplamaları, 870°C a kadar sıcak gazların korozif etkisinden çelik veya alaşım ana metali korumak için difüze ettirilebilir. Püskürtmeden sonra parça bir bitümlü alüminyum tıkayıcı veya başka uygun bir malzemeyle kaplanır. Bu tıkama kaplaması alüminyum yüzeyin oksitlenmesini önler

ve ana metala difüze olmasına (içine yayılmasına) zaman verir. Parça, difüzyonun vaki olması için gerekli bir süre 788°C da ısıl işleme tâbi tutulur. Pratik olarak bu süre 25mm kesit kalınlığı başına bir saattir. Ocak, parçalar içine sürülmeden önce bu sıcaklığa çıkarılmış olacaktır.

PÜSKÜRTÜLMÜŞ METALLERİN SON İŞLEMİ

Son işlem taşlama, talaşlı işleme, tel fırça, honlama, laplama veya parlatma şeklinde olabilir. Yüzey pürüzlülüğü geniş ölçüde bahis konusu metala bağlıdır. Püskürtme metal kaplamaları talaşlı işlemek için takım uç şekilleri, şek. 70' de gösterilmiştir. Gencide karbür uçlu takımlar kullanılır ve bunlarla 10 ilâ 16 mikro inçlik perdah derecesine varılabilir. İnce perdahlar veya sıkı toleranslar genelde taşlamayı gerektirir.



Şek.70.- Püskürtme metal kaplamaları işlemek için torna kalem uçlarının uygun taşlanma açıları

Metalize kaplamaların taşlanması

Metalize kaplamalar mekanik bağlantılı olduklarından, taşlama işlemleri dikkatle yürütülecektir. Taşın temasından meydana gelen ısı kaplamanın genişlemesine, bağlantının kopmasına veya her ikisine birden yol açacak kadar büyük olabilir. Torna üzerine yerleştirilmiş portatif taşlama tezgâhlarıyla olduğu gibi kuru taşlama yapılacağına, işlemin hedeflediği malzeme kaldırma miktarının büyük kısmı talaşlı olarak alınacak, geriye, taşlama için sadece perdahlama ya da sıkı tolerans tutturma veya her iki işlem bırakılacaktır. Kuru taşlama için çarklar (taşlar), taşla-nacak malzemeye göre alüminyum oksit veya silisyum karbürü olacaktır. Bu seçimdeki esas, aynı malzemeyi katı şekilde taşlamada kullanılan tipin seçimindekinin benzeridir. Kuru taşlama işlemlerinde çarkın kum boyutu, istenen perdaha uygun olmak üzere, mümkün olduğu kadar kaba olacaktır. Çark, geniş değil, dar, paso derinliği hafif ve yan ilerleme, spiralleme olmadan mümkün olduğu kadar hızlı olacaktır. Başka deyimle, ısı oluşması veya yoğunlaşmasının asgaride tutulması için bütün çarelere başvurulacaktır.

Yeğlenen taşlama yöntemi, kuşkusuz, ıslak taşlamadır. Daha büyük, daha geniş çarklar kullanılabilir ve kaldırılacak miktar bir pasoda daha geniş çarklar kullanılabilir ve kaldırılacak miktar bir pasoda alınabilir. Islak taşlama, en ekonomik olarak daha sıkı toleranslar ve daha ince perdahlar meydana getirir.

El altında taşlama tezgâhının bulunmadığı durumlarda iyi sonuçlar, metale kaplamaları nihai perdah ölçüsüne 0,15 ilâ 0,05mm yakın talaşlı işlemek ve bir şerit zımpara parlatma tezgâhı ile bitirmek suretiyle de elde edilebilir.

Tablo 8.- Püskürtülmüş metalleri talaşlı işlemek için önerilen takımlar, hızlar ve ilerlemeler

| Metal | Kalem No (şek. 70) | Yüzey hızı m / dak | Yan ilerleme mm / dev. |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Sarı pirinç (*) | 2 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Ticari bronz (*) | 3 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Alüminyum | 3 | 45-60 | 0,08-0,13 |
| Alüminyum bronzu | 3 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Babbitt (% 97 Sn, % 3 Cu) | 1 | 45-75 | 0,13-0,18 |
| Fosfor bronzu | 1 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Tobin bronzu (%60 Cu, %0,5-1,5 Sn, gerisi Zn) | 3 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Monel | 3 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Nikel | 3 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Bakır | 3 | 30-37,5 | 0,08-0,13 |
| Kurşun | 3 | 30-37,5 | 0,13-0,30 |
| 18-8 paslanmaz çelik | 3 | 45-75 | 0,08-0,13 |

<*> Ticari bronz ve pirinç üzerindeki talaşlı perdahı büyük ölçüde iyileştirmek İçin fırçayla bol miktarda bir kısım silindir yağı ile bir kısım gaz yağı karışımı, püskül-tülmüş metal üstüne sürülüp 20 ilâ 30 dakika, talaşlı işlemeye geçmeden önce, bekletilir.

Bakır ve alüminyuma uygulanmış aynı işlem, talaşlı perdaha hafif bir iyileşme verecektir.

Aynı işlem, çeliklere uygulandığında, talaşlı perdahta iyileşme görülmez ama buna karşılık kesme kaleminin yanmasını önler ve böylece daha yüksek çalışma hızlarına olanak verir. Bu işlem özellikle, püskürtülmüş kesitlerin kenar ya da köşelerinde karşılaşılabilecek herhangi sert kesimlerin işlenmesinde faydalıdır.

Dikkat: Bu işlem paslanmaz çelik, nikel, monel, alüminyum bronz, fosfor bronz veya

Tablo 8.- Devamı

| Metal | Kalem No (şek. 70) | Yüzey hızı m / dak | Yan ilerleme mm / dev. |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Yüksek kromlu yüksek karbonlu paslanmaz çelik | Taşlama | | |
| % 0,10 C çelik | 3 | 22,5 - 30 | 0,08 - 0,13 |
| % 0,25 C çelik | 2 | 15 - 22,5 | 0,08 - 0,13 |
| % 0,40 C çelik | 2 | 15 - 22,5 | 0,08 - 0,13 |
| % 0,80 C çelik | Taşlama | | |
| Kalay | 3 | 45 - 75 | 0,13 - 0,18 |
| Çinko | 3 | 45 - 75 | 0,13 - 0,18 |

Tobin bronzuna uygulanmayacaktır zira iyileştirme yerine daha kötü bir perdah durumu olur.

Ergitilmiş kaplamaların perdahı

Püskürtülmüş malzemelerin çoğu, sert yüzey dolgusu amaçlı olduğundan, genel olarak taşlama, en ekonomik bitirme - perdahlama yöntemi olmaktadır. Her ne kadar alaşımların çoğu uygun karbür uç tipiyle kesilebilirse de, aşın kalem aşınması ve geniş ölçüde ısının meydana gelmesi nedeniyle sıkı tolerans elde etmek mümkün olmamaktadır. Aynı şeyler kuru taşlama için de söylenebilir. Grup 1 alaşımlarının silisyum karbürü taşla veya grup 2 alaşımlarının alüminyum oksidi taşla ıslak taşlaması, sıkı toleranslı parçalar, ince perdah ve ekonomik malzeme kaldırma işlemi sağlar.

Seramik kaplamaların perdahı

Seramiklerin alevle püskürtülmüş yüzey kaplamaları, genelde, bir 150 mikroiç kadar bir fazlalık arz eder. Oysa ki birçok uygulama daha iyi bir bitirmeyi gerektirir ki bu, taşlama ile gerçekleştirilebilir. Bu hususta taşlama çarkı imalâtçıların önerilerine uyulacaktır.

Taşlama sırasında bir akar soğutucu kullanılacaktır. Su ve bunun içinde bir pas engelleyici madde bunun en iyisidir, şöyle ki suda eriyen yağ soğutucular açık renk seramik kaplamaları boyayabilirler. 1500 ilâ 1800 m/dak. çark yüzey hızları kullanılabilirse de bunun daha aşağısı yeğlenir. Küçük çatlaklar ve duraklamalardan kaçınmak üzere paso derinliği 1/1000 İn' i geçmeyecektir. Silindirik yüzeylerde, devir başına 125/1000 in ilerleme iyi sonuç vermiştir.

Laplama çoğu kez 10 ilâ 20 mikro-inç' ten daha ileri bir perdah vermemekte şöyle ki alev püskürtmeli kaplamalarda, sürecin tabiatı gereği, pürüzlülük gözeneklere atfedilmektedir.

Plasma püskürtmeli kaplamaların perdahı

Bitirme yöntemleri iki genel kategoride toplanır : presizyon bitirme-perdahlaması ve presizyon olmayan bitirme. İlki, elmas taşlaması ya da elmas taşlaması artı lap-lamayı gerektirir. Presizyon olmayan bitirme, silisyum karbürü veya elmas abrasiflerle parlatarak yapılır. Bunların ayrıntılarına girmeyeceğiz.

C.14 ISIL PÜSKÜRTME KAPLAMALARININ ÖZELLİKLERİ

Isıl püskürtme kaplamalarının nitelikleri ele alındığında, püskürtme sürecinin bir bilimden çok bir sanat olduğu hatırlanacaktır. Elle yapılan püskürtme kaplamaları, operatörün becerisine kalıyor. Sadece bütün değişkenlerin (püskürtme mesafesi, püskürtme açısı vb.) denetim altında tutulmaları halinde, eş, tekrarlanabilir sonuçlar elde edilebilir. Bu itibarla, elle yapılan püskürtme en yaygın uygulama olduğuna göre bu nitelikler bu yönteme inhisar edecektir.

Püskürtülmüş haliyle

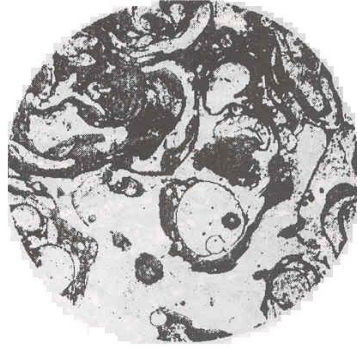
Isıl püskürtme ile terkedilmiş malzemeler, ister metalik ister seramik olsunlar, mat bir görünüm ile 150 ve 250 rms arasında bir yüzey pürüzlülüğünü haizdirler. Ko-rozyon mukavemeti uygulamaları dışında, kaplamalar nadiren bu koşulda kullanılırlar.

Mikro-içyapı

Isıl püskürtme kaplamalarının fiziksel ve mekanik niteliklerinin aynı bileşimde dökme veya biçimlendirilmiş (profillendirilmiş vb) numuneye göre farklı olmalarının nedenlerini daha kolay anlayabilmek için, püskürtmeyle terkedilmiş malzemelerin metallografik iç yapılarına bakmak gerekir.



Şek. 71.- 1080 çeliği üzerine ısıl püskürtme; beyaz alanlar çelik; gri alanlar oksit girmeleri; siyah alanlar, boşluk veya kalkmalardır.



Şek. 72.- 1080 çeliği üzerine ısıl püskürtme kaplamasının yüzey görünümü

Metallografik muayene için uygun şekilde hazırlanmış bir numune, püskürtülmüş malzeme, oksit girişleri ve gözeneklerin tekdüze olmayan bir karışımını arz eder (şek. 71). Terkedilmiş malzeme ana metala yapışma kuvvetleri, kendine de birleşme (cohesion) ile bağlıdır.

Yüzeye paralel olarak alınmış bir numune, parçacıkların bir emülsiyonlasın iş görünümünü arz eder (şek. 72). Bir enine kesit, yassılaştırılmış püskürtülmüş parçacıkların ondülasyonlu dış çizgilerini gösterir (şek. 73). Her parçacık içinde sütunsal tanecikler vardır (şek. 74); aynı eksenli içyapılar nadirdir. Karbon çelikleri, püskürtülmüş halde, (sertleştirilmiş ve sertleştirilmemiş) martensitiktirler (şek. 75); dola-



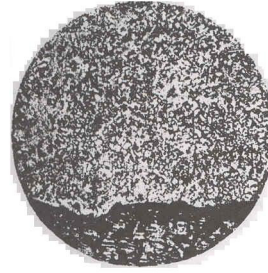
Şek. 73.- Isıl püskürtülmüş bakırın enine kesiti : üst bölüm, bakır kaplama; alt bölüm, ana malzeme.



Şek. 75.- Püskürtülmüş %0,8 karbonlu çeliğin martensitik içyapısı



Şek. 74.- Püskürtülmüş molibden içinde sütunsal tanecikler.



Şek. 76.- AMS 4775 çeliğinin içyapısı: üst bölüm, kaplama; daha koyu alt alan, ana malzemedir.

yısıyla mekanik karakteristiklerini iyileştirmek amacıyla ısıl işleme tâbi tutulmayacaklardır.

Ergitilen alaşım kaplamaları, püskürtülmüş hal koşulunda, görünüş ve nitelik itibariyle, herhangi bir ısıl püskürtme kaplamasıyla aynıdır. Ancak yüksek sıcaklık (1038 ilâ 1204°C) ergitme işleminden sonra bunlar ana malzemeye metalürjik olarak bağlanırlar ve kendi karakteristik özelliklerini geliştirirler. Ergitilmiş püskürtme kaplamaya bir örnek, şek. 76' da görülür.

Sertlik

Püskürtülmüş kaplamaların tekdüze olmayan içyapısı bunları, dökme ya da biçimlendirilmiş hâl erindekinden daha az sert kılıyor. Bununla birlikte, kaplamayı teşkil eden bireysel parçacıkların sertliği, bütünüyle kaplamanın sertliğinden çok daha yüksektir. Buna dair daha sonra örnek vereceğiz.

Rockwell sertliği.- Bunun saplanması, kaplama kalınlığı son derece Önemlidir, tıpkı kaynakla yapılmış yüzey sert dolgunun, göreceğimiz DİN normuna uygun saptanma şeklinde olduğu gibi.

Aşağıdaki asgari kalınlık (Tablo 8), gösterilen Rockwell skalasıyla birlikte, kullanılacaktır. Üç mutat püskürtme yöntemini kullanan çeşitli püskürtülmüş malzemeler için tipik veriler de Tablo 9' da verilmiştir.

Tablo 8.- Rockwell sertliklerinin ölçüleceğinde gerekli minimum kalınlıklar

| Rockwell skalası | Kalınlıklar (mm) |
|------------------|------------------|
| 15 N | 0,38 |
| 30 N | 0,52 |
| 45 N | 0,89 |
| A | 1,02 |
| B | 1,52 |
| C | 1,27 |
| D | |

Elmas iz bırakıcılar, tek nokta dalışıyla, püskürtme kaplamaların gerçek sertliğini saptamada tam memnuniyet verici sonuca götürmem ektedirler. Bunlar daha çok nokta kontrolleri ve atölye yol göstericisi olarak faydalıdırlar. Hassas sertlik değerleri için, büyük karbür bilyasıyla, Brinell deney aleti tavsiye edilir. Tipik veriler Tablo 10' da gösterilmiştir.

Mikro ser
Parçacıklar g
gr. yüklü Kı
püskürtülmüş

Tablo 10.- Püskürtülmüş metal blokların (0,5 in. x 2 in. x 2 in) Brinell sertliği. Telle metalize

| Metal | Brinell sertliği | | |
|-----------|------------------|--|--|
| Alüminyum | | | |

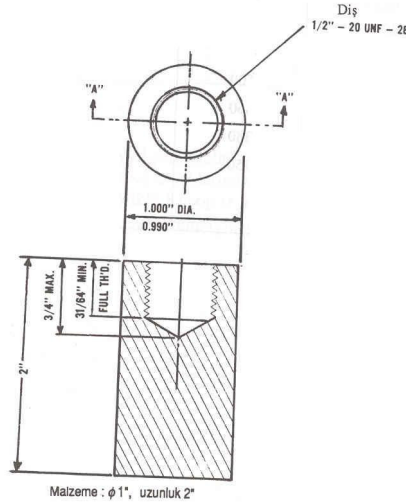
| Metal | Knoop sertliği / 50 gram | | |
|--------------------|--------------------------|------------------|---------|
| | Telle metalize | Oksi-yakıt / toz | Plasma |
| Alüminyum | 72 | 52.5 | 60 |
| Alüminyum bronzu | 410 | | |
| Bakır | 173 | 122 | 142 |
| Molibden | 1550 | | 1448 |
| Monel | 325 | | |
| Nikel alüminid (*) | 500-700 | 290-554 | 320-685 |
| Çelikler | | | |
| 1010 | 450 | | |
| 1025 | 500 | | |
| 1080 | 660 | | |
| Tip 304 | 380 | | |
| Tip 420 | 750 | | |
| Tantal | | | 1585 |
| Tungsten | | | 500 |

: kullanılmaktadır.
erinde bırakılır. 50
Tablo 11, birçok

Isıl püskürtme kaplamaların çekme mukavemeti

Isıl püskürtme kaplamaların çekme mukavemetleri saptandığında iki husus üzerinde durulacaktır : (1) kaplamanın ana malzemeye bağlantısı (bağlantı mukavemeti) ve (2), parçacıkların birbirlerine yapışmaları.

Bağlantı mukavemeti, kaplama malzemesi, ana malzeme ve yüzey hazırlama yöntemine göre değişir. Bağlantı mukavemetinin saptanması için genelde kullanılan deney, önce iki eş çubuğu



talaşlı işlemeden ibarettir. Şek. 77' de görülen, ve her biri 2 in uzunluk ve 1 in çapta olan çubuklara, bir uçlarından yaklaşık 3/4 in. derinliğinde bir delik delinir. 1/2 in. çapındaki deliğe 1/2 in.-20 UNF-2B diş çekilir, Yarı numunelerin birinin mukabil ucu, 0,030 in. \pm 0,005 in.' e püskürtülür.

Şek.77.- Bağlantı ya da çekme mukavemetinin saptanması için nümune

Bundan sonra kaplama, yassı olarak, 0,020 in \pm 0,002 in.' e taşlanır. Uygun bir yapıştırıcı kullanılarak her iki numune, eksenleri dikey olarak aynı hizada olacak şekilde, birbirlerine bağlanırlar. Yapıştırıcı tuttuktan sonra, hassas bir çekme aleti, böylece iki yarımdan oluşmuş deney parçasını ayırmakta kullanılır. Bağlantı mukavemeti, kopma yükünün numunenin enine kesit alanına bölünmesi ile bulunan değere eşittir. Birkaç kendi kendine bağlanan malzemenin bağlantı mukavemetleri, Tablo 12' de gösterilmiştir.

Tablo 12.- Düzgün, hazırlanmamış bir yüzeye uygulanmış kendi kendini bağlayan metallerin tipik, bağlantı mukavemetleri

| Bağlayıcı aracı | Nihai bağlantı mukavemeti, psi | | |
|-----------------|--------------------------------|------------------------------|----------------|
| | Plasma püskürtmeli | Oksi-yakıt / toz püskürtmeli | Telle metalize |
| Kolumbium | 2400 | | |
| Molibden | 3200 | 3600 | 3300 |
| Nikel aluminid | 3000 | 2750 | 3150 |
| Tantal | 2750 | | |

Bağlantı mukavemeti, yani kaplamanın çekme mukavemeti, iki yönde ölçülebilir: püskürtme tabancasının ilerleme yönüne paralel ve buna 90° olanında. İlki, püskürtülmüş malzemedan oluşturulan çekme deney çubuklarından saptanır; tipik sonuçlar Tablo 13' de gösterilmiştir.

Tabancanın ilerleme yönüne dikey çekme mukavemeti de, bağlantı mukavemetini Ölçmede kullanılan numunelerin aynını kullanarak ve 0,100 İn.' lik bir kaplama ile saptanır.

Tablo 13.- Püskürtülmüş metalların püskürtme tabancasının ilerleme yönüne paralel, çekme mukavemeti.

| Metal | Nihaî çekme mukavemeti, psi |
|----------------------|-----------------------------|
| Alüminyum 1100 | 19.500 |
| % 5 silisyumlu bronz | 37.000 |
| Bronzlar | |
| Alüminyum | 29.000 |
| Fosfor | 18.000 |
| Tobin | 26.500 |
| Molibden | 7.500 |
| Çelik | |
| 1010 | 30.000 |
| 1025 | 34.700 |
| 1080 | 27.500 |
| Tip 304 | 30.000 |
| Tip 420 | 40.000 |
| Çinko | 13.000 |

Kaplama yoğunluğu ve gözeneklik

Daha önce de kaydetmiş olduğumuz gibi, ısıl püskürtme kaplamalar püskürtülmüş malzeme, oksitler ve gözeneklerden oluşurlar; kaplama yoğunluğu saptanacağıında, bunların her üçü dikkate alınacaktır. Püskürtülmüş malzeme, ilk malzemenin yoğunluğuna eşittir; oksitler daha hafiftirler ve gözenekler hacmi artırırılar. Böylece de bu üç faktör, nihaî kaplama yoğunluğunu etkilerler.

Kaplama yoğunluğu, kolaylıkla saptanır. Araştırılan malzemedan bir ölçülebilir hacim şekillendirilir. Bütün yüzeyler düz, köşeler 90° olacak. Hacim, en az cu. in' in binde birinme ölçülüp 16,387 ile çarpılarak cm³' e geçilir. Sonra numune, gramın binde birini veren hassas bir analitik terazide yoğunluğu şöyle olur:

$$\text{Yoğunluk} = \frac{\text{Nümune ağırlığı (gr)}}{\text{Nümune hacmi (cm}^3\text{)}}$$

Kaplama yoğunluğunun orijinal malzemeninkiyle kıyaslanmasında, kaplama yoğunluğu, orijinal malzemenin teorik yoğunluğuna bölünür. Ölçülmemiş tipik yoğunluk değerleri, Tablo 14' de gösterilmiştir.

Püskürtülerek terk edilmiş malzemelerin gözenekliği, tek tek ve birbirlerine bağlı gözlerden oluştuğundan, saptanması güçtür. Mamafih değerlendirmeler birkaç yöntemle saptanabilir. Bunların en basit olanı, metalografik olarak parlatılmış, büyütülmüş (x 100) görünümü bir kalbur üzerine gönderip, boşlukların işgal ettikleri kalbur karelerini saymaktan ibarettir. Bu ve tolüene daldırma ve parafin absorpsiyonu yöntemleri de vardır. Boşlukların (gözlerin), aralarında tam bir bağlantı bulunmaması itibariyle de, hiçbir yöntem mükemmel değildir.

| Metal | Telle metalize | Oksi-yakıt / toz püskürtme | Plasma püskürtme |
|----------------|----------------|----------------------------|------------------|
| Aluminyum 1100 | 2.41 | 2.36 | 2.48 |
| Bronz Tobin | 7.46 | | |
| Bakır | 7.535 | 7.58 | 7.20 |
| Molibden | 9.05 | | 8.97 |
| Monel | 7.67 | | |
| Nikel alüminid | 6.00 | 6.00 | 6.90 |
| Çelik | | | |
| 1025 | 6.78 | | |
| 1080 | 6.356 | | |
| Tip 420 | 6.74 | | |
| Tip 304 | 6.934 | | |
| Tantal | | | 14.15 |
| Tungsten | | | 19.30 |
| Çinko | 6.36 | | |

Tablo 14.- Birçok püskürtülmüş kaplamanın yoğunlukları (gr/cm³)

Püskürtülerek terk edilen malzemelerin gözenekli tabiatından, özellikle yatak yüzeylerinde faydalanılabilir, şöyle ki gözenekler yağın tutulmasına ve yabancı maddelerin de fiilî olarak yüklenmiş alanlardan kaçıp sığınmalarına olanak sağlarlar. Korozyon bir etken olduğunda, gözenek bir sakınca olur ve bu tür uygulamaları, ana malzemeye anodik olanlarla sınırlar. Ancak bu sınır, özel boyalar veya tıkaçıcılar kullanılırsa, kalkar.

Çekme

Bütün püskürtülmüş metaller dökümler gibi çekerler. Büzülme miktarı farklı malzeme ve yöntemlere göre geniş ölçülerde değişir ve bu malzemelerde, dökümde gösterdikleri normal ısıl çekmeye tekabül etmez. Çekme, terkedilmiş malzemede gerilmeler yaratır ve bu, göz önünde tutulacaktır şöyle ki hazırlık yönteminin ve de püskürtülecek malzemenin seçiminde bir karar

faktörü olabilir. Bir düşük genleşme katsayılı metaller her mümkün olan yerlerde, özellikle kalın kaplama ve iç çaplarda, kullanılacaktır. Çeşitli püskürtülmüş kaplamalarda çekme örnekleri, Tablo 15' de gösterilmiştir.

| Metal | Çekme (in. / in.) |
|----------------|-------------------|
| Alüminyum | |
| 1100 | 0.0068 |
| % 5 Silisyumlu | 0.0057 |
| Bronzlar | |
| Alüminyum | 0.0055 |
| Manganez | 0.0090 |
| Fosfor | 0.0100 |
| Molibden | 0.0030 |
| Çelikler | |
| 1010 | 0.0080 |
| 1025 | 0.0060 |
| 1080 | 0.0014 |
| Tip 304 | 0.0120 |
| Tip 402 | 0.0018 |
| Çinko | 0.0100 |

Tablo 15.- Çeşitli telle metalize kaplamaların çekmeleri

Özellikler ve bağlantı kuvveti - Plasma ile püskürtülmüş kaplamalar

Motor - generatör sistemini kullanarak plasma ile püskürtülmüş bazı kaplamaların tipik bağlantı mukavemetleri Tablo 16' da, fiziksel ve mekanik nitelikleri de Tablo 17' de gösterilmiştir.

Tablo 16.- Bir motor - generatör güç menbaı kullanılarak plazma ile püskürtülmüş çeşitli kaplamaların tipik bağlantı mukavemetleri

| Püskürtülen metal | Kaplama kalınlığı (mm) | Ana malzeme | Çekmeye ortalama bağlantı mukavemeti (kg/mm ²) |
|---------------------------------------|------------------------|------------------|--|
| Yüksek karbonlu artı manganezli çelik | 0.51 | Alüminyum | 5.27 (*) |
| AISI 1080 çeliği | 0.51 | Alüminyum | 4.56 |
| Yüksek karbonlu artı manganezli çelik | 0.51 | Dökme demir | 3.95 |
| Yüksek karbonlu çelik | 0.51 | Dökme demir | 3.1 |
| Nikrom 80 - 20 | 0.51 | AISI 1010 çeliği | 3.45 |
| Alüminyum bronz | 0.51 | AISI 1010 çeliği | 3.45 |
| AISI 1080 çeliği | 0.51 | AISI 1010 çeliği | 3.32 |
| AISI 1010 çeliği | 0.51 | AISI 1010 çeliği | 2.4 |

Tablo 17.- Plasma püskürtme süreciyle uygulanmış bazı kaplamaların özellikleri

| Kaplama bileşimi (ağırlık %) | 99+% Al ₂ O ₃ | 75% Cr ₂ C ₃ 25% Ni-Cr | 99+% Cr ₂ C ₃ | WC + Fe Cr | Alaşımli Co + Ni + W + Cr | 91% WC 9% Co |
|--|--|---|--|--|---|--|
| Kesit sertliği (Vickers)* | 99 VPN ₃₀₀ | 480 VPN ₃₀₀ | 1300 VPN ₃₀₀ | 800 VPN ₃₀₀ | 360 VPN ₃₀₀ | 650 VPN ₃₀₀ |
| Ana metala bağlantı muk. | 8000 psi | 11.000 psi | 12.000 psi | 12.000 psi | 10.000 psi | 15.000 psi |
| Gözeneklilik | 2-3 % | 1-3 % | 0,25-1 % | 1-2 % | 0,5-1 % | 1-2 % |
| Yoğunluk | 3,38 gm/cm ³ | | 5,03 gm/cm ³ | 9,9 gm/cm ³ | 7,95 gm/cm ³ | |
| Kırılma modülü | 20.000 psi | | | 35.000 psi | | 50.000 psi |
| Elastikiyet modülü | 5,7 x 10 ⁶ psi | | | 19 x 10 ⁶ psi | | 22,5 x 10 ⁶ psi |
| Isıl genleşme katsayısı † | 3,9 x 10 ⁻⁶ in/in ^o F (avg. 70-1300 ^o F) | | 3,7 x 10 ⁻⁶ in/in ^o F (avg. 70-1000 ^o F) | 3,8 x 10 ⁻⁶ in/in ^o F (avg. 70-1000 ^o F) | | |
| Bir oksitleyici atmosferde max. çalışma s.c. | 1800 ^o F (982 ^o C) | 1600 ^o F (871 ^o C) | 1000 ^o F (538 ^o C) | 1000 ^o F (538 ^o C) | 1600 ^o F (871 ^o C) | 1000 ^o F (538 ^o C) |
| Başlıca nitelikler | Aşınma, kimyasal tahrip, yüksek s.c. korozif ortamda bozulmasına muk. | Yüksek s.c. veya korozif ortamda aşınma muk.; kaplanmış halde çok pürüzsüz. | Kendiliğinden kaynaşma ve tufal dökmezlilik nitelikli; aşınmaya muk. | Özellikle ıslak abrazyon koşullarında aşınmaya muk. | Yüksek sıcaklıklarda alçak yük durumlarında aşınmaya muk. | Kaplanmış halde çok düşük aşınmaya muk. |

* VPN = Vickers Pyramid Number

† Eşdeğer sıcaklıklar : 70^oF = 21,1^oC; 1300^oF = 704^oC

C.15 PÜSKÜRTME KAPLAMALARIN UYGULAMALARI

Isıl püskürtme kaplamalar korozyon ve oksitlenmeden koruma

Isıl püskürtme kaplamalar dökme demir ve çelik üzerine bütün korozif atak türlerine karşı mükemmel bir koruma sağlar. En ağır korozyon koşullarına karşı koymak üzere kalın kaplamalar uygulanabilir ve bundan böyle herhangi bir bakıma gerek göstermeden parçaya uzun ömür sağlar. Püskürtme kaplamalar keza, boya ve plastik nihaî işlemler gibi organik malzemeler için mükemmel korozyona dayanıklı kaplama altı olarak da kullanılırlar. Organik nihaî kaplamalar, dökme demir ve çelik üzerinde genellikle fena sonuç verir : bunun nedeni bu kaplamaların altında korozyon ve ana metala bağlantı sağlanamamasıdır. İnce kaplamalar ana metalin korozyonuna dayanırlar ve organik nihaî kaplamaya kuvvetli bir bağlantı sağlarlar.

Korozyona dayanıklı uygulamalar için genellikle kullanılan metaller çinko, alüminyum ve kadmiumdur. Bu metallerin gözeneklilikleri önemli değildir şöyle ki bunlar demire anodik olup

kendilerini feda ederek onu korurlar. Bu kaplamaların boya veya plastiklerle tıkanması, ömrü uzatır.

Nikel, Monel, paslanmaz çelikler ve bronzlar çeliğe katodik olup sadece tıkama ile korozif maddelere sızdırmazlık sağlanması halinde kullanılmalıdır.

Kurşun kaplamalar, ana metalin asit ve sair kuvvetli korozif maddelere mukavemetini artırmada kullanılabilir. Ancak kurşun, çeliğe katodik olduğundan, kaplamanın tamamen tıkanması gerekir. Bu da, birbirini takip eden pasolar arasında tel fırçayla fırçalayarak sağlanır.

Kalay kaplamalar başlıca besin maddesi kaplarının korunmasında kullanılır.

Birçok farklı kaplama, çalışma sıcaklığına bağlı olarak, oksitlenmeye mukavemet sağlaması için kullanılabilir. 870°C'a kadar uygulamalarda parça, üzerine bir alüminyum kaplaması püskürtülerek alüminize edilir. Uygun bir ısıl işleme alüminyum yüzeyin içine difüze ettirilir. (Püskürtme kaplamaların nihaî işlemi bahsine bkz.). 870°C' in Üstünde sıcaklıklar için bir nikel-krom alaşımı kullanılabilir; bunu bir alüminyum kaplaması takip eder. Bu kaplamalar şu gibi uygulamalarda kullanılabilirler: siyanür potaları, ocak ve fırın parçaları, fırın konveyörleri, ateş ayar kapakları, magnezyum süper-ısıtıcıları, uçak eksos boruları ve tavlama kutuları.

Tungsten, zirkonium oksidi ve alümin (Alüminyum oksidi) daha refrakter (ateşe dayanıklı) kaplamalar olarak kullanılma alanı bulurlar. Tantal, kolumbium, nikel aluminid ($NiAl + Ni_3Al$) ve molibden refrakter bağlayıcı kaplamalar olarak kullanılabilirler.

Makine elemanlarının kurtarılma ve tamirleri

Mekanik alanda ısıl püskürtme, az çok her tür aşınmayla mücadelede kullanılabilir. Püskürtülmüş metalin bir yağlayıcı filmini massedip muhafaza etme kabiliyeti, birçok iş türünde belirgin bir avantajdır. Darbe yüklemeleri ve abrazyonla karşılaşma gibi ağır koşullar dışında püskürtme yüzeyleri çoğu kez, esas yüzeye göre daha uzun ömür sağlarlar.

Aşın aşınma, korozyon mukavemeti, veya her ikisinin arandığı uygulamalarda, ergitilmiş metale kaplamalar kullanılabilir. Bu kaplamalar çok sayıda farklı alanlarda geniş kullanım yeri bulmuşlardır.

Elektrik işleri

Elektrik alanında, bir iletken olarak kullanıldığında, rezistans (direnç), aynı metalin dökme ya da biçimlendirilmiş haline göre, %50 ilâ %100 daha yüksektir. Bu, rezistans ısıtıcıları, basılı devreler vb. Ier tasarlanırken dikkate alınmalıdır.

Uçak ve füzeler

Uçak sanayiinde ısı püskürtme, bazı büyük sorunları çözmüştür. Süreç, hava tıkanmaları, yağ tıkanmaları, kompresör tıkanmaları, kompresör kanat ve türbin kepeçlerinde kullanılmıştır. Keza yüksek sıcaklıklarda tufal dökmeyi önleme için aşınmaya dayanıklı yüzeylerin hazırlanmasında kullanılmıştır.

Alüminyum ve zirkonium oksitlerinden yalıtkan kaplamalar bu yolla meydana getirilmişlerdir. Jet motoru işlerinde plazma alev püskürtme süreciyle yüksek sıcaklık kaplaması yapmak için her gün daha çok uygulama meydana çıkarılmaktadır. Bir motor imalâtçısı, 1200' den fazla komponente ısı püskürtme kaplaması uygulamaktadır.

Plazma püskürtmeli kaplamalar

Bunlar füze, uçak sanayii, elektronik, kimya ve nükleer alanlarda birçok uygulamada kullanılmışlardır. Bir inç' in birkaç binde birinden yarım inç, ya da daha büyük kalınlıklarda metal, seramik ya da sermet kaplamaları, çok çeşitli ana malzeme üzerine, şunları sağlamak üzere terk edilebilir: ısı mukavemet, korozyon mukavemeti; abrazyon mukavemeti, elektriksel yalıtkanlık ve nükleer kılıf.

Birçok uygulamada, bu niteliklerin birkaçının bir arada bulunması aranır, örneğin, bir katı fırlatıcı roket motorunun memesi, boğazda çok yüksek alev sıcaklığından, eksos gazları ve katı parçacıkların korozyon ve erozyon yapıcı etkisinden korunacaktır.

Plazma püskürtme süreci keza, başka yollarla şekillendirilmişinin güç ya da imkânsız olduğu parçaların imalinde kullanılabilir. Bu malzemeler, istenen biçimi haiz bir kalıp üzerine püskürtülür. Sonra kalıp, mekanik ya da kimyasal yolla yok edilir, parça meydana kalır. Roket memeleri, burun konileri, potalar, vakum tüplerinin ızgara kafesleri ve sair metal ve seramikten şekillendirilmiş elementler bu yöntemle imal edilmişlerdir. Bu metal ve seramik şekillerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, daha sonraki bir sinterleme ile takviye edilmesinin gerektiği, akılda tutulacaktır.