

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

METAL TEKNOLOJİSİ

KARBON ORANI DÜŞÜK ÇELİKLERDE SERTLEŞTİRME 521MMI235

Ankara, 2011

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	ii
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. KATI SEMENTASYONLA YÜZEY SERTLEŞTİRME YAPMAK	3
1.1. Kimyasal Bileşimi Değiştirerek Yapılan Yüzey Sertleştirme Çeşitleri	3
1.1.1. Nitrürasyon.....	3
1.1.2. Sementasyon	4
1.2. Katı Sementasyon ile Yüzey Sertleştirme	4
1.2.1. Karbürleyici Toz ve Özellikleri	4
1.2.2. Sementasyon Kutusunda Meydana Gelen Gazlar ve Özellikleri	4
1.2.3. Sementasyon Kutuları ve Özellikleri	5
1.2.4. Katı Sementasyon İşleminde Uygulanan Sıcaklıklar	5
1.2.5. Katı Sementasyonda İşlem Süreleri	5
1.2.6. Karbon Emdirilen Malzemeye Tekrar Isıl İşlem Uygulayarak Sertleştirme	6
1.2.7. Katı sementasyonun Olumlu ve Olumsuz Yönleri.....	6
1.3. Katı Sementasyon Yapma	6
UYGULAMA FAALİYETİ.....	8
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	10
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	12
2. SIVI SEMENTASYONLA YÜZEY SERTLEŞTİRME YAPMAK	12
2.1. Sıvı Sementasyon ile Yüzey Sertleştirme	12
2.1.1. Tuz Banyosu Hazırlama Banyo İçerisine Katılan Madde Çeşitleri ve Özellikleri	12
2.1.2. Ön Tavlama.....	13
2.1.3. Sıvı Sementasyonda İşlem Süreleri ve Sıcaklıkları.....	13
2.1.4. Sıvı Sementasyonun Olumlu ve Olumsuz Yönleri	14
2.1.5. Banyonun Karbon Değerini Kontrol Etme ve Tuz Takviyesi	14
2.2. Sıvı Sementasyon Yapma.....	14
UYGULAMA FAALİYETİ.....	15
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	18
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	20
3. GAZ SEMENTASYONU İLE YÜZEY SERTLEŞTİRME YAPMAK	20
3.1. Gaz Sementasyon ile Yüzey Sertleştirme	20
3.1.1. Karbon Verici Gaz Olarak Kullanılan Gaz Çeşitleri ve Özellikleri	20
3.1.2. Gaz Sementasyon Yönteminde Uygulanan Sıcaklıklar ve Süreleri	21
3.1.3. Karbon Emdirilen Malzemeye Tekrar Isıl İşlem Uygulayarak Sertleştirilebilme	21
3.1.4. Karbon Emdirilen Malzemede Karbon Derinliği	21
3.2. Gaz Sementasyon Yapma.....	22
3.3. Yüzey Sertleştirmede Dikkat Edilecek Hususlar	22
UYGULAMA FAALİYETİ.....	23
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	26
MODÜL DEĞERLENDİRME	27
CEVAP ANAHTARLARI	29
KAYNAKÇA	30

AÇIKLAMALAR

KOD	521MMI235
ALAN	Metal Teknolojisi
DAL/MESLEK	Isıl İşlem
MODÜLÜN ADI	Yüzey Sertleştirme-2
MODÜLÜN TANIMI	Bu modül çeliklere katı, sıvı ve gaz sementasyon ile yüzey sertleştirme işlemleri yapma becerisinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	
YETERLİK	Karbon oranı düşük çeliklerin yüzeylerine sertleştirme yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam ve ekipman sağlandığında standardına uygun olarak çeliklere katı, sıvı ve gaz sementasyon ile yüzey sertleştirme yapabileceksiniz. Amaçlar 1. Katı sementasyon için gerekli donanım ve malzemeyi hazırlayarak düşük karbonlu çeliğe kutu içerisinde belirlenen ısıda ve sürede yüzeyine katı karbon vericilerle karbon emdirebilecek ve yüzeyi sertleştirebileceksiniz. 2. Sıvı sementasyon için gerekli donanım ve malzemeyi hazırlayarak düşük karbonlu çeliğe tuz banyosunun içerisinde belirlenen ısıda ve sürede yüzeyine sıvı karbon vericilerle karbon emdirebilecek ve yüzeyi sertleştirebileceksiniz. 3. Gaz sementasyon için gerekli donanım ve malzemeyi hazırlayarak düşük karbonlu çeliğe kapalı ortamda içerisinde belirlenen ısıda ve sürede yüzeyine gaz karbon vericilerle karbon emdirebilecek ve yüzeyi sertleştirebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: Gerçek çalışma ortamı veya metal işleri atölyesi Donanım: Karbürleyici toz, sementasyon kutusu, ısı kaynağı, sodyum siyanür, stronsiyum ve baryum bileşikli tuz banyoları, gaz karbon vericiler, tav fırınları, sertleşecek malzeme, temizleme araçları
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Karbon oranı düşük olan çelikler, bir önceki modülde anlatılan normal yöntemlerle sertleştirilemez. Bu sebeple buradaki sertleştirme işlemindeki amaç düşük karbonlu çeliklerin sertleştirilmesidir.

Çeliklerin karbon oranı düştükçe işlenme direnci düşer ve bu da sanayide kullanımı kolaylaştırır. Aslında bu durum istenilen bir özellik değildir. Çünkü çeliklerin kullanılabilmesi için belli oranlarda sert yapıda olması istenir. Bunun için çelikler, üretim esnasında yumuşaklıklarından yararlanılıp işlenir. Daha sonradan kullanılacağı yere göre, iç yapılarına karbon ilavesi ile sertleştirme işlemi yapılarak istenilen yerde kullanılır.

Sizler, bu modül sonunda düşük karbonlu çelik malzemelerin yüzeylerini sertleştirebileceksiniz. Bu edindiğiniz bilgi ve beceriler doğrultusunda sanayide, bu alan içerisinde rahatlıkla iş yapacak ve çalışma imkânı bulabileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında, katı sementasyon için gerekli donanım ve malzemeyi hazırlayarak düşük karbonlu çeliğe kutu içerisinde belirlenen ısıda ve sürede yüzeyine katı karbon vericilerle karbon emdirebilecek ve yüzeyin sertleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Malzemelerin kimyasal yapısını değiştirerek yapılan yüzey sertleştirme yöntemlerini araştırarak rapor hazırlayınız.
- Katı sementasyon ile yüzey sertleştirme uygulamasında işlem basamaklarını araştırarak not ediniz. Araştırmalarınızı sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

1. KATI SEMENTASYONLA YÜZEY SERTLEŞTİRME YAPMAK

1.1. Kimyasal Bileşimi Değiştirerek Yapılan Yüzey Sertleştirme Çeşitleri

Çeliklerin kimyasal yapısını değiştirerek yüzey sertleştirme, düşük karbonlu çeliklere uygulanan bir işlemdir.

Çeliklerin kimyasal bileşimini değiştirerek yapılan yüzey sertleştirme yöntemleri, Nitrürasyon ve sementasyon yöntemleridir. Günümüzde yaygın olarak sementasyon yöntemi kullanılmaktadır.

1.1.1. Nitrürasyon

Nitrürasyon bir yüzey sertleştirme metodudur. Bu metot, genellikle katı çelik olan krom-alüminyum, krom-molibden-vanadyumlu düşük alaşımlı çeliklere uygulanır. Bu yöntemde çelik, sıcaklığı 500-550 °C olan fırında amonyak gazı ortamında bekletildiğinde veya aynı sıcaklıklarda azot veren tuz banyosu içine konulduğunda çeliğin yüzeyinde ince ve çok sert bir tabaka oluşur.

Amonyak gazı yüksek sıcaklıklarda azot ve hidrojene ayrılır. Ayrışan bu gazlardan azot çeliğe difüzyon yolu ile girer ve yüzeyde çok sert bir yapıda nitrür tabakası oluşturur. Çelik parçanın dış yüzeyi ince ve çok sert bir yapı alırken malzemenin esas (iç) yapısı yumuşak kalır.

Nitrürasyon işleminin en büyük avantajı işlem sonrasında parçanın tekrar tavlama sertleştirilmesine gerek yoktur. Çünkü işlem sonrası elde edilen sertlik değeri yeterlidir. Bu yöntemle elde edilen sertlik değerini başka bir yöntemle elde etmek mümkün değildir.

Nitrürasyon yönteminin yukarıdaki birçok üstünlüğünün yanında nitrürasyon çok zaman alıcı bir metottur. 0,35 mm nitrür tabakası elde etmek için parçayı fırında ve amonyak gazı içinde yaklaşık 20 saat kadar bekletmek gerekir.

1.1.2. Sementasyon

Bu işlem genellikle düşük karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklere uygulanır. Bu tür parçalar, 880-980 °C sıcaklıklardaki karbonca zengin olan maddelerle birlikte bir fırına konur veya bu maddelerin içine gömülür. Çelik malzeme burada birkaç saat tavlama yüzeyi karbonca zenginleştirilir. Yüzeyin karbonca zenginleştirilmesi işlemi, katı maddelerden meşe kömürü, kok kömürü, linyit kömürü, deri, kemik kömürü, boynuz talaşı ile; gaz maddelerden metan gazı, etan gazı, asetilen, hava gazı ile; sıvı ortamdan sodyum siyanür, sodyum klorür, sodyum karbonat, potasyum siyanür ve kalsiyum siyanür ortamlarından sağlanır.

Sementasyon yöntemi uygulanacak çeliklerin karbon oranları genellikle % 0,20'nin altındadır. Bu karbon miktarı ile çelik sertleştirilemez. Bu sebeple öncelikle çeliğin karbon oranının artırılması ve böylece sertleşebilir hâle gelmesi sağlanır. Bunun için öncelikle yukarıda anlatılan biçimde yüzeye difüzyon yoluyla karbon emdirilir ve daha sonra uygun ortamda sertleştirme işlemi yapılır.

Sementasyon işlemi uygulamada genelde katı, sıvı ve gaz sementasyon yöntemi olmak üzere üç çeşittir.

1.2. Katı Sementasyon ile Yüzey Sertleştirme

Parça yüzeyindeki karbon miktarının katı karbon verici maddeler aracılığı ile artırıldığı yöntemdir.

1.2.1. Karbürleyici Toz ve Özellikleri

Karbürleyici toz olarak odun kömürü, kok kömürü, meşe kömürü, linyit kömürü, boynuz talaşı veya kemik kömürü ile alkali bileşiklerin küçük taneler hâlindeki karışımı kullanılır. En etkili alkali bileşikler baryumoksit ve baryum karbonattır. Bu maddelerin kuru ve çok ince toz hâlinde olması gerekir.

1.2.2. Sementasyon Kutusunda Meydana Gelen Gazlar ve Özellikleri

Sementasyon esnasında kutu içerisinde bazı gazlar meydana çıkar. Bu gazlar, karbonmonoksit ve karbondioksitten meydana gelen bir gaz karışımıdır. Karbonmonoksit (CO) gazı yüksek sıcaklıklarda malzemenin karbon almasını sağlar.



Resim 1.1: Sementasyon işleminde kullanılan kapalı ve hava geçirmez kutu

1.2.3. Sementasyon Kutuları ve Özellikleri

Sementasyon işleminde kullanılan kutular kapalı ve hava geçirmez özellikte olmalıdır. Sürekli ve düzenli kullanım için genellikle yüksek oranda krom ve nikel içeren çeliklerden yapılır. Ara sıra kullanımlar için düşük karbonlu yumuşak çelik kutular kullanılır. Kutuların büyüklüğü, yüzeyi sertleştirilecek malzemeye uygun olmalıdır. Örneğin, büyük ebatlı bir malzeme için kullanılan kutunun ebadının küçük olması durumunda, yeteri miktarda toz katı sementasyon maddesi konulamayacağından istenilen sertleşme derinliği sağlanamaz. Küçük parçalar için büyük kutuların kullanımı durumunda ise fazla miktarda katı sementasyon maddesi kutu içine konur. Bu durumda ilk ısınma süresi çok artar.

1.2.4. Katı Sementasyon İşleminde Uygulanan Sıcaklıklar

Sementasyon işleminde parçalar, karbürleyici toz ile karıştırıldıktan sonra hava geçirmeyen kapalı sementasyon kutularında yaklaşık 900 °C'de tavllanır. Uzun sementasyon süresine bağlı olarak tane kabalaşması oluşur. Oluşan bu tane kabalaşmasını azaltmak için sementasyon sıcaklığı 830-850°C'ye düşürülebilir. Fakat düşük sıcaklık süreyi çok artıracığından tane kabalaşması yine görünebilir. Bu nedenle daha yüksek sıcaklık ve kısa süre tercih edilir. Bu nedenle günümüzde uygulamada 900-950 °C sıcaklıklar kullanılır. Çok büyük sementasyon derinliklerinde 1000 °C'ye kadar çıkılabilir.

1.2.5. Katı Sementasyonda İşlem Süreleri

Sementasyon süresi genellikle sementasyon sıcaklığına bağlıdır. Az da olsa karbon verici ortamda sementasyon süresini etkiler. Nüfuz derinliği zamanın karesi oranında hesaplanır. En çok kullanılan 930 °C sementasyon sıcaklığı için 1 mm derinliğe 4 saatte ulaşılır. Diğer sertlik değerleri için süreler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Nüfuz derinliği (mm)	0,5	1	1,5	2	2,5
Sementasyon süresi (Saat)	$(0,5^2 \cdot 4)=1$	$(1^2 \cdot 4)=4$	$(1,5^2 \cdot 4)=9$	$(2^2 \cdot 4)=16$	$(2,5^2 \cdot 4)=25$

Tablo 1.1: Sertlik derinliklerine göre işlem süresi

1.2.6. Karbon Emdirilen Malzemeye Tekrar Isıl İşlem Uygulayarak Sertleştirme

Sementasyon işleminde öncelikle amaç, düşük karbon oranlı çeliklerin içerisindeki karbon oranını sertleştirilebilir orana ulaştırmaktır. Bu sebeple öncelikle düşük karbon oranına sahip parçalara 900-950°C’de difüzyon yoluyla karbon emdirme işlemi yapılır. Bu işlemden sonra yine kutu içinde parçanın kendi hâlinde soğuması sağlanır. Soğuyan parçalar artık sertleştirme için uygun karbon oranına sahiptir.

Bu parçalar tekrar kutu içinde 900°C’de tavllanır ve parça kutudan çıkartılarak yağ ortamında soğutulur. Bu olayda parça iç kısmı ince zerrelî ve özlü olur. Parça tekrar yüzeyin karbon oranına göre tavlandıktan sonra hemen su ortamında soğutularak yüzey iyice sertleştirilmiş olur. Tavlama işleminin tekrarından dolayı işlem pahalıdır fakat en iyi sertleştirme yöntemidir.

Bu işlemin dışında uygulanan başka yöntemler de vardır. Bunlardan ilki, parçanın kutudan çıkarılarak hemen suda sertleştirme yöntemi uygulanmasıdır. Bu yöntemde parçanın dokusu çok kaba olur. Diğer yöntem ise kutudan çıkarılan parçanın kendi hâlinde soğutulmasıdır. Soğuyan parça tekrar tavllanır. Tavlanan parça kutudan çıkarılarak hemen suda sertleştirme işlemi yapılır. Yine bu yöntemde parçanın çekirdeği kaba dokulu (zerrelî) olur. Bu tür parçalar vuru ve sarsıntıya karşı dayanıksız olur.

1.2.7. Katı sementasyonun Olumlu ve Olumsuz Yönleri

- Olumlu yönleri
 - Büyük parçalar daha ekonomik olarak sertleştirilir.
 - Sertleşme derinlikleri daha kolay elde edilir.
- Olumsuz yönleri
 - Karbürleyici tozun ısı iletimi kötü olduğundan ısıtma süresi uzundur.
 - Sürekli değişen ısıtma ve soğutma işlemi nedeniyle sementasyon kutuları üzerinde oksit tabakası oluşur. Bu sebeple sementasyon kutuları alaşımlı çelikten yapılmalıdır.
 - Harcanan iş gücü yüksektir.
 - İşleminde parçalara sementasyon sıcaklığında hemen su verilmez. İlk önce soğumaları ve sonradan tekrar ısıtılmaları gerektiğinden enerji kaybı oluşur.

1.3. Katı Sementasyon Yapma



Katı sementasyon işleminde parçalar kapalı ve hava geçirmeyen kutular içerisinde, karbürleyici toz ile karıştırıldıktan sonra yaklaşık 900-950°C tavllanır. Tavlama işleminden sonra parçalar kendi hâlinde soğutulur ve tekrar tavllanır. Bu tavlama işleminden sonra uygun soğutma ortamlarında sertleştirme işlemi yapılır. Bu işlemde parça yüzeyinin sement edilmecek kısımları örtü pastası veya şamot çamurla sıvanmalıdır.

Katı sementasyon yapma işlemi aşağıdaki uygulama faaliyetinde detaylı olarak anlatılmıştır. Buradaki işlem basamaklarını sıra ile takip ederek katı sementasyon yapma işlemini öğrenebilirsiniz.

NOT: Günümüzde katı sementasyon yöntemi bazı küçük atölyeler dışında pek kullanılmamaktadır. Çünkü sıvı ve gaz yöntemi ile yapılan sementasyonla yüzey sertleştirme daha az zaman almakta ve parçaların yüzeyi çok temiz çıkmaktadır. Ayrıca sıvı ve gaz yöntemi ile sementasyon işlemi her bakımdan katı sementasyona göre kolay, temiz ve rahattır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Katı sementasyonla yüzey sertleştirme işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre seçtiğiniz az karbonlu bir çelik malzemeye uygulayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Sertleştirilecek yüzeyi temizleyiniz.➤ Karbürleyici tozu sementasyon kutusuna yerleştiriniz.➤ Sertleştirilecek malzemeyi toz içine tamamen örtecek şekilde yerleştirip kutuyu kapatınız.  <p>Malzemelerin kutuya yerleştirilmesi (Parçalar toz ile tamamen kapatılmalıdır.)</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Sementasyon kutusunu homojen şekilde 900 °C'ye kadar ısıtınız.➤ Kutuyu yaklaşık 8-16 saat bu sıcaklıkta tutunuz.➤ Isıtma işleminden sonra parçaların kendi hâlinde soğumasını sağlayınız.➤ Karbon emdirilen parçalara tekrar sertleştirme tavı uygulayarak.➤ Parçaların sertliğini kontrol ediniz.  <p>İşlem görmüş parça</p>	<ul style="list-style-type: none">➤ Öncelikle iş önlüğü giyiniz.➤ Gözlük ve eldiven takınız.➤ Çalışma esnasında dikkatli olunuz.➤ Yanmalara karşı tedbirlerinizi alınız.➤ Çalışmalarınızda emniyet tedbirlerini uygulamayı unutmayınız.➤ Mesleğinizle ilgili etik ilkelere uyunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Sertleştirilecek yüzeyi temizlediniz mi?		
2. Karbürleyici tozu sementasyon kutusuna yerleştirdiniz mi?		
3. Sertleştirilecek malzemeyi toz içine tamamen örtecek şekilde yerleştirip kutuyu kapattınız mı?		
4. Sementasyon kutusunu homojen şekilde 9000 °C'ye kadar ısıttınız mı?		
5. Kutuyu yaklaşık 8-16 saat bu sıcaklıkta tuttunuz mu?		
6. Isıtma işleminden sonra parçaların kendi hâlinde soğumasını sağladınız mı?		
7. Karbon emdirilen parçalara tekrar sertleştirme tavı uygulayarak 3 mm derinliğinde yüzey sertleştirme sağladınız mı?		
8. Parçaların sertliğini kontrol ettiniz mi?		
9. Çalışmalarınızda iş önlüğü, gözlük ve eldiven kullandınız mı?		
10. Uygulamalarınızda emniyet tedbirlerini aldınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi malzemenin kimyasal bileşimi değiştirilerek yapılan yüzey sertleştirme çeşitlerinden biridir?
A) Alevle yüzey sertleştirme
B) Sementasyonla yüzey sertleştirme
C) Endüksiyonla yüzey sertleştirme
D) Gerginlik giderme
2. Nitrürasyonla yüzey sertleştirme yaparken parçalar aşağıdaki sıcaklık ve ortamlardan hangisinde bekletilir?
A) 900 °C ve su ortamında
B) 500-550 °C ve hidrojen gazı ortamında
C) 200 °C ve amonyak gazı ortamında
D) 500-550 °C ve amonyak gazı ortamında
3. Aşağıdaki malzemelerden hangisine sementasyon yöntemi ile yüzey sertleştirme işlemi yapılması doğru bir yöntemdir?
A) Düşük karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklere
B) Yüksek karbonlu ve zengin alaşımlı çeliklere
C) Yüksek karbonlu ve alaşımsız çeliklere
D) Nitrürasyon yöntemiyle sertleşemeyen yüksek karbonlu çeliklere
4. Sementasyon yönteminde malzeme yüzeyinin karbonca zenginleştirilmesinde aşağıdakilerden hangisi katı maddelerden biri değildir?
A) Demir talaşı
B) Meşe kömürü
C) Kok kömürü
D) Linyit kömürü
5. Sementasyon yöntemi ile aşağıda verilen hangi orandaki karbon miktarını hangi orana çıkarmak en doğrudur?
A) % 0,20'nin altındaki karbon oranını % 1,5'a çıkarmak
B) % 0,80'nin altındaki karbon oranını % 1'e çıkarmak
C) % 0,20'nin altındaki karbon oranını % 0,80'e çıkarmak
D) % 0,10'un altındaki karbon oranını % 0,90'a çıkarmak

6. Aşağıdakilerden hangisi katı sementasyon yönteminde, sementasyon kutusunda meydana gelen gazlardan biridir?
A) Hidrojen
B) Karbonmonoksit
C) Oksijen
D) Propan
7. Aşağıdakilerden hangisi sementasyon kutularında bulunması gereken özelliklerden biri değildir?
A) Kutular kapalı ve hava geçirmez özellikte olmalıdır.
B) Yüksek oranda krom ve nikel içeren çeliklerden yapılması sürekli kullanım sağlar.
C) Kutular genellikle altıgen şekilli yapılmalıdır.
D) Kutuların büyüklüğü, yüzeyi sertleştirilecek malzemenin büyüklüğüne uygun olmalıdır.
8. Aşağıdakilerden hangisi katı sementasyon işleminde uygulanan sıcaklıklardan biridir?
A) 600-7000 °C
B) 600-9000 °C
C) 800-12000 °C
D) 900-9500 °C
9. 930 °C sementasyon sıcaklığı için 1,5 mm derinliğe kaç saatlik bir sementasyon süresinde ulaşılır?
A) 1 saat
B) 3 saat
C) 6 saat
D) 9 saat
10. Aşağıdakilerden hangisi katı sementasyon yönteminin olumlu yönlerinden biri değildir?
A) İşlem için gerekli süre kısadır.
B) Harcanan iş gücü yüksektir.
C) Yüzeysel olarak sertleştirilecek büyük parçalar daha ekonomiktir.
D) Sertleşme derinlikleri daha kolay elde edilir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda sıvı sementasyon için gerekli donanım ve malzemeyi hazırlayarak düşük karbonlu çeliğe tuz banyosunun içerisinde belirlenen ısıda ve sürede yüzeyine sıvı karbon vericilerle karbon emdirebilecek ve yüzeyi sertleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sıvı sementasyon ile yüzey sertleştirme uygulamasında işlem basamaklarını araştırarak not ediniz. Araştırmalarınızı sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.
- Bu araştırmaları yapmak için çevrenizde, sementasyonla yüzey sertleştirme uygulamaları yapan işletmelerden, eğitim kurumlarından (üniversite ve mesleki öğretim veren ortaöğretim kurumları), kütüphanelerden veya internet ortamından yararlanabilirsiniz.

2. SIVI SEMENTASYONLA YÜZEY SERTLEŞTİRME YAPMAK

2.1. Sıvı Sementasyon ile Yüzey Sertleştirme

Parça yüzeyindeki karbon miktarının ergiyik tuz banyoları aracılığı ile artırıldığı yöntemdir.

2.1.1. Tuz Banyosu Hazırlama Banyo İçerisine Katılan Madde Çeşitleri ve Özellikleri

Bu işlemde genelde sodyum siyanür (NaCN), düşük oranlarda potasyum siyanür (KCN)'lü tuz banyoları kullanılır. Fırın içine konulan bu tuzların ergiyik hâle getirilmesi sağlanarak tuz banyosu oluşturulur. Yüksek sıcaklıkta siyanür parçalanarak karbon ve bir miktar da azot verir. Azot karbürasyonu kolaylaştırır.

Tuz içerisinde ayrıca karbonun parça yüzeyine geçişini hızlandıran (aktifleştirici) madde olarak da baryum klorür ya da stronsiyum klorür veya her ikisi birden kullanılır.

Sıvı sementasyonda kullanılan siyanür tuzları kurutulmalı ve havalandırılmalıdır. Tuzlar zehirli olduğundan taşınması, girişi ve çıkışları çok sıkı kontrol edilmelidir. Siyanür

tuzlarının su ile taşınma ihtimaline karşı sertleştirme atölyelerinin tabanında kesinlikle su bulunmamalı veya tabanlar su ile temizlenmemelidir.



Resim 2.1: Tuz banyosu ve parçaların tuz banyosuna asılması

2.1.2. Ön Tavlama

Sıvı sementasyon işleminde, tuz banyosu içinde ısıtma sırasındaki hızlı sıcaklık değişiminden dolayı parçada gerilme oluşmasını önlemek veya azaltmak için parçalar ön tavlama tablamaya tabi tutulur. Bu ön tavlama sıcaklıkları genellikle 300-600°C arasındadır.

2.1.3. Sıvı Sementasyonda İşlem Süreleri ve Sıcaklıkları

Sıvı sementasyon yönteminde işlem süreleri aşağıdaki tablolarda detaylı olarak gösterilmektedir.

Sertleşme derinliği (mm)	0,10	0,20	0,20-0,30	0,30-0,40	0,35-0,40	0,40-0,50
Sementasyon süresi (Dakika)	10	20	30	40	50	60

Tablo 2.1: Aktifleştirilmemiş veya pek az aktifleştirilmiş sementasyon banyolarında 880°C sıcaklıkta sementasyon süresi ve ulaşılacak sertleşme derinliği

Sertleşme derinliği (mm)	0,4-0,8	0,8-1,2	1,2-1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2,0	2,0-2,2	2,2-2,4
Sementasyon süresi (Saat)	1	2	3	4	5	6	7	8

Tablo 2.2: Aktifleştirilmiş sementasyon banyolarında 930°C sıcaklıkta sementasyon süresi ve ulaşılacak serleşme derinliği

Banyo sıcaklığı 850-930°C'dir. Genellikle uygulamalarda 930°C seçilir.

2.1.4. Sıvı Sementasyonun Olumlu ve Olumsuz Yönleri

Olumlu yönleri:

- Tuz eriyikleri ısıyı doğrudan parçaya verdiği için ısıtma süresi kısadır.
- Karbürizasyon olayından sonra tuz banyoları içerisinde direkt olarak sertleştirme yapmak mümkündür.
- İhtiyaç duyulması hâlinde uzun parçalar banyolara asılabilir.
- İşlem sonrası parça yüzeyi katı sementasyona oranla daha pürüzsüzdür.

Olumsuz yönleri:

- Tuz eriyikleri zehirlidir. Bu sebeple banyo üzeri grafitle örtülmelidir.
- Banyonun karbon değeri sürekli kontrol edilmeli ve yeni tuz takviyesi ile sabit tutulmalıdır.
- Tuz eriyiği banyo kabının imal edildiği gereç ile de reaksiyona girer. Ayrıca uzun süre çalışmalarda banyo kabında korozyon zararı oluşur.

2.1.5. Banyonun Karbon Değerini Kontrol Etme ve Tuz Takviyesi

Sıvı sementasyon yönteminde banyonun karbon değeri sürekli kontrol edilmeli ve bu kontrol sonucuna göre karbon değeri, tuz takviyesi ile sabit tutulmalıdır. Bu işlem, malzemenin tam karbürizasyonu için gereklidir. Banyo analizleri direkt ve otomatik olarak yapılabilir.

Banyonun analizini folyo yöntemi ile de yapmak mümkündür. Bu yöntemde % 0,1 alaşımsız çelikten 0,05 mm kalınlığındaki folyolar banyo içerisine daldırılır ve semente edilir. Folyolar 930 °C'de 15 dakika banyo içerisinde kaldığında tüm yüzey eşit karbon miktarına ulaşır. Folyolar tuzlardan temizlenip karbon miktarları analizle tespit edilir. Bu tespite göre banyoya tuz takviyesi yapılarak banyonun karbon değeri sabit tutulabilir.



2.2. Sıvı Sementasyon Yapma

Sıvı sementasyon yönteminde malzeme daha önceden hazırlanmış tuz banyoları içerisine konur ve yaklaşık 930°C'de tavllanır. Bu sayede parça yüzeyi karbonca zenginleştirilir. Karbonca zenginleşen parça uygun soğutma ortamında soğutularak sertleştirme işlemi yapılır.

Sıvı sementasyonla yüzey sertleştirme işlemini, aşağıdaki uygulamada faaliyetindeki işlem basamaklarını sıra ile takip ederek detaylı olarak öğrenebilirsiniz.

UYGULAMA FAALİYETİ

Sıvı sementasyonla yüzey sertleştirme işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Sertleştirilecek yüzeyi temizleyiniz.➤ İçerisinde sodyum siyanür, stronsiyum ve baryum bileşikleri bulunan tuz banyosunu hazırlayınız.➤ Sudan arındırılmış tuz banyosunu 930°C'ye kadar ısıtınız. 	<ul style="list-style-type: none">➤ Öncelikle iş önlüğü giyiniz.➤ Gözlük ve eldiven takınız.➤ Çalışma esnasında dikkatli olunuz.➤ Yanmalara karşı tedbirlerinizi alınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Sertleştirilecek malzemelere ön tavlama uygulayınız.➤ Sertleştirilecek malzemeleri banyo içerisine asınız. 	
<ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları 930 °C banyoda yaklaşık olarak 8 saat bekletiniz.➤ Parçaları banyodan çıkarttıktan sonra direkt soğutarak (soğutma sıvısına daldırarak) yüzeyi sertleştiriniz.	



➤ Parçaların sertliğini kontrol ediniz.

➤ Çalışmalarınızda emniyet tedbirlerini almayı unutmayınız.

➤ Mesleğinizle ilgili etik ilkelere uyunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Sertleştirilecek yüzeyi temizlediniz mi?		
2. İçerisinde sodyum siyanür, stronsiyum ve baryum bileşikleri bulunan tuz banyosunu hazırladınız mı?		
3. Sudan arındırılmış tuz banyosunu 930 °C'ye kadar ısıttınız mı?		
4. Sertleştirilecek malzemelere ön tavlama uyguladınız mı?		
5. Sertleştirilecek malzemeleri banyo içerisine astınız mı?		
6. Parçaları 930 °C'de olan banyoda yaklaşık olarak 8 saat beklettiniz mi?		
7. Parçaları banyodan çıkarttıktan sonra direkt soğutarak (soğutma sıvısına daldırarak) yüzeyde sertleştirme sağladınız mı?		
8. Parçaların sertliğini kontrol ettiniz mi?		
9. Çalışmalarınızda iş önlüğü, gözlük ve eldiven kullandınız mı?		
10. Uygulamalarınızda emniyet tedbirlerini aldınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi sıvı sementasyon yönteminde kullanılan tuz banyosundan biridir?
A) Potasyum klorür
B) Karbonmonoksit
C) Sodyum siyanür
D) Karbondioksit
2. Sıvı sementasyon yapılacak malzemelere ön tavlama yapılmasının sebebini aşağıdakilerden hangisi en doğru biçimde açıklar?
A) Isıtma esnasında parçada gerilme oluşmasını önlemek veya azaltmak
B) Malzemenin derin bir sertliğe ulaşmasını sağlamak
C) Parçada şekil bozulmalarını önlemek
D) Sementasyon işleminde ısıtma süresini kısaltmak
3. Aşağıdakilerden hangisi sıvı sementasyon işleminde ön tavlama sıcaklığı olarak kullanılır?
A) 300-6000°C
B) 500-8000°C
C) 800-9000°C
D) 900-10000°C
4. Aktifleştirilmiş sementasyon banyolarında 930°C sıcaklıkta ortalama 8 saatlik sementasyon süresinde ulaşılacak serleşme derinliği aşağıdakilerden hangisidir?
A) 1,6-1,8 mm
B) 1,8-2,0 mm
C) 2,0-2,2 mm
D) 2,2-2,4 mm
5. Sıvı sementasyon yönteminde genel olarak uygulamalarda aşağıdaki sıcaklıklardan hangisi kullanılır?
A) 450°C
B) 930°C
C) 1020°C
D) 1400°C

6. Aşağıdakilerden hangisi sıvı sementasyonun olumlu yönlerinden biri değildir?
- A) Isıtma süresi kısadır.
 - B) Isıtılan parçalara ayrı bir tavlama yapılarak daha derin sertlik tabakalarına ulaşılır.
 - C) İhtiyaç duyulması hâlinde uzun parçalar banyolara asılabilir.
 - D) İşlem sonrası parça yüzeyi katı sementasyona oranla daha pürüzsüzdür.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

Bu faaliyet sonucunda uygun ortam sağlandığında, gaz sementasyon için gerekli donanım ve malzemeyi hazırlayarak düşük karbonlu çeliğe kapalı ortamda içerisinde belirlenen ısıda ve sürede yüzeyine gaz karbon vericilerle karbon emdirebilecek ve yüzeyi sertleştirebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Gaz sementasyon ile yüzey sertleştirme uygulamasında işlem basamaklarını araştırarak not ediniz. Araştırmalarınızı sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.

3. GAZ SEMENTASYONU İLE YÜZEY SERTLEŞTİRME YAPMAK

3.1. Gaz Sementasyon ile Yüzey Sertleştirme

Gaz sementasyon yöntemi genel olarak katı sementasyona benzemektedir. Fakat bu yöntemde karbon verici olarak gaz karışımları kullanılır.

3.1.1. Karbon Verici Gaz Olarak Kullanılan Gaz Çeşitleri ve Özellikleri

Gaz olarak doğal gaz, metan, etan, propan ve hava gazı kullanılabilir. Bu gazlardan metan gazı yüksek sıcaklıklarda parçalanarak demire karbon verir. Bu karbon atomlarının demirin alabileceğinden fazla olmaması gerekir. Hava gazı ise diğer gazlara oranla önemli miktarda karbondioksit (CO_2) içerir.



Resim 3.1: Gaz sementasyon fırınları ve gaz verme tertibatı

Metan gazının parçalanmasını kolaylaştırmak ve karbonu, karbonmonoksit (CO) hâline dönüştürmek için gazla birlikte havada kullanılır. Bu işlem 1000⁰C'deki jeneratörlerde yapılır. Gaz jeneratörden geçtiğinde metan (CH₄) gazının yanında az oranda karbonmonoksit (CO) ve hidrojen (H₂) içerir.

Hava gazındaki karbondioksit miktarı düşük olmalıdır. Çünkü karbondioksit, karbonmonoksidi redükler. Sementasyonun etkisini artırmak için bu gazlara az miktarda propan ilave edilir. Küçük sementasyon tesislerinde direkt hava ve propanla işlem yapılabilir. Bu yöntemde kurumu önlemek için gaz-hava karışımına amonyak (NH₃) ilave edilir.

3.1.2. Gaz Sementasyon Yönteminde Uygulanan Sıcaklıklar ve Süreleri

Gaz sementasyon yönteminde uygulamada genel olarak katı sementasyon yönteminde kullanılan sıcaklık dereceleri kullanılabilir. İşlem süresi olarak yine katı sementasyon yöntemindeki işlem süreleri kullanılabilceği gibi daha kısa işlem süresinde de işlem gerçekleştirilebilir.

Bu konu, Öğrenme Faaliyeti 1'de "Katı Sementasyon Yönteminde Uygulanan Sıcaklıklar ve İşlem Süresi" konusu ayrıntılı olarak verilmiştir.



Resim 3.2: Uygulama sıcaklıklarının otomatik olarak kumanda edilmesi

3.1.3. Karbon Emdirilen Malzemeye Tekrar Isıl İşlem Uygulayarak Sertleştirilme

Gaz sementasyon yöntemi de katı ve sıvı sementasyonda olduğu gibi önce karbon oranı düşük olan malzemelerin, yukarıda anlatılan gazlar ve ısı aracılığı ile karbon oranı artırılarak sertleştirme işlemi için yeterli düzeye getirilir. Bu işlemden sonra malzeme kendi hâlinde soğutulur. Soğutma işleminden sonra yüzeyi sertleştirmek için malzeme tekrar tavlânır ve uygun soğutma ortamında sertleştirme işlemi yapılır.

3.1.4. Karbon Emdirilen Malzemede Karbon Derinliği

Bu yöntemde çeliğin karbon alması diğer yöntemlere oranla daha hızlıdır. Ayrıca karbonun çelikteki dağılımı daha iyi ayarlanabilir. Propan miktarının düzenlenmesi ile çekirdek ve cidar arasındaki geçiş sert ya da yumuşak olarak ayarlanabilir. Bu sayede karbon miktarı istenilen seviyede, % 0,6-0,8 oranında tutulabilir.

3.2. Gaz Sementasyon Yapma

Gaz sementasyon yapma işlemi aşağıdaki uygulama faaliyetinde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. Aşağıdaki uygulama faaliyetindeki işlem basamaklarını sıra ile takip ederek bu işlemi öğrenebilirsiniz.



3.3. Yüzey Sertleştirmede Dikkat Edilecek Hususlar

Yüzey sertleştirme işleminde, işlemin doğru ve güvenilir olması açısından aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Öncelikle yüzeyi sertleşecek malzemenin yapısı ve bu yapıya uygun su verme sıcaklıkları bilinmelidir.
- İç yapısı bilinmeyen çelikler ile karşılaşıldığında yapılması gereken en doğru yöntem ile tav derecesi ve ortamı bulunur. Bunun için sertleştirme yapılacak malzemeden alınan numuneye yüzey sertleştirme yöntemi uygulanır. Ortaya çıkan sonuca göre tav derecesi belirlenir.
- Sertleştirme yapılacak iş parçaları daha önceden çeşitli işlemler görmüş olabilir. Bunun sonucu olarak da iş parçaları üzerinde çizgi, derin katmer gibi hatalar olabilir. Bu hatalar yüzey sertleştirme işleminde yapı değişikliğine neden olabileceğinden işlem öncesi bu hataların giderilmesine çalışılmalıdır.
- Sertleştirme yapılacak parçalarda bulunan deliklerde sorun oluşturabilir. Bu sebeple delikler çamur veya çivi ile kapatılmalıdır.
- Biçimleri girintili çıkıntılı olarak farklı olan malzemelerin sertleştirilmesi esnasında çarpılmalar oluşabilir. Bunu önlemek için 1200°C'de birkaç saat tutulmuş mercimek tanesi büyüklüğündeki kok kömürü içerisine gömülerek bekletilir. Bekletme işlemi kapalı ortamda yapılmalıdır.
- Sertleştirilecek parçaların tavlama sırasında kullanılan kısaç türü araçlar işlemin başarısını yakından etkiler. Bu sebeple ince ağızlı kısaçlar, tel kafesler veya çeşitli askılar gibi iş parçasının sıcaklığını etkilemeyecek tutma araçları kullanılmalıdır.
- Bazı iş parçalarının belli bölgelerinin sertleştirilip belli bölgelerinin sertleştirilmemesi istenebilir. Bu tür işlemlerde sertleşen ile sertleşmeyen kısımlar arasında keskin ve belirgin sınırlar olmamasına dikkat edilmelidir.
- Tavlama öncesinde işlem yapılacak malzeme üzerindeki yağ, kir veya tufal tabakası mutlaka temizlenmelidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Gaz sementasyonla yüzey sertleştirme işlemini aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Sertleştirilecek yüzeyi temizleyiniz.➤ Parçaları tav fırınına yerleştiriniz.  <ul style="list-style-type: none">➤ Parçaları 925 °C'ye kadar ısıtınız.➤ İşlem sıcaklığında parçalara karbon verici gaz gönderiniz.➤ Gaz gönderme işlemini 18 saat uygulayınız.➤ Parçaların kendi hâlinde soğumasını sağlayınız.  <ul style="list-style-type: none">➤ Karbon emdirilen parçalara tekrar sertleştirme tavı uygulayarak yüzey sertleştirme sağlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Öncelikle iş önlüğü giyiniz.➤ Gözlük ve eldiven takınız.➤ Çalışma esnasında dikkatli olunuz.➤ Yanmalara karşı tedbirlerinizi alınız.



- Karbon emdirilen malzemede karbon derinliğini ölçünüz.
- Parçaların sertliğini kontrol ediniz.

➤ Çalışmalarınızda emniyet tedbirlerini uygulamayı unutmayınız.

➤ Parçaları soğutma sıvısına daldırırken dikkatli olunuz.

➤ Mesleğinizle ilgili etik ilkelere uyunuz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Sertleştirilecek yüzeyi temizlediniz mi?		
2. Parçaları tav fırınına yerleştirdiniz mi?		
3. Parçaları 930 °C'ye kadar ısıttınız mı?		
4. İşlem sıcaklığında parçalara karbon verici gaz gönderdiniz mi?		
5. Gaz gönderme işlemini 18 saat uyguladınız mı?		
6. Parçaların kendi hâlinde soğumasını sağladınız mı?		
7. Karbon emdirilen parçalara tekrar sertleştirme tavı uygulayarak yüzey sertleştirme sağladınız mı?		
8. Karbon emdirilen malzemedeki karbon derinliğini ölçtünüz mü?		
9. Parçaların sertliğini kontrol ettiniz mi?		
10. Çalışmalarınızda iş önlüğü, gözlük ve eldiven kullandınız mı?		
11. Uygulamalarınızda emniyet tedbirlerini aldınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Gaz sementasyon yönteminde karbon verici gaz olarak aşağıdakilerden hangisi kullanılmaz?
A) Metan
B) Etan
C) Propan
D) Sülfüroksit
2. Sementasyon yönteminde malzemenin karbon miktarının aşağıdaki oranlardan hangisinde olması istenir?
A) %0,1-0,2
B) %0,6-0,8
C) %1-2
D) %1,5-1,7

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

3. () Metan gazının parçalanmasını kolaylaştırmak ve karbonu, karbonmonoksit (CO) hâline dönüştürmek için gazla birlikte havada kullanılır.
4. () Sementasyonun etkisini artırmak için kullanılan gazlara az miktarda propan ilave edilir.
5. () Gaz sementasyon yönteminde, katı sementasyon yönteminde kullanılan uygulama sıcaklıklarının iki katı uygulama sıcaklıkları kullanılır.
6. () Gaz sementasyon yönteminde, malzemenin yeterli karbon oranına sahip olmaları gazlar aracılığı ile sağlanır.
7. () Yüzeysel sertleşecek malzemenin yapısı ve bu yapıya uygun su verme sıcaklıklarının bilinmesine gerek olmadan sertleştirme işlemi yapılabilir.
8. () Sertleştirme yapılacak parçalarda bulunan deliklerde sorun oluşabilir. Bu sebeple delikler çamur veya çivi ile kapatılmalıdır.
9. () Biçimleri girintili çıkıntılı olarak farklı olan malzemelerin sertleştirilmesi esnasında çarpılmalar oluşabilir.
10. () Tavlama öncesinde işlem yapılacak malzeme üzerindeki yağ, kir veya tufal tabakasının temizlenmesine gerek olmadan işlem yapılabilir. Çünkü bu işlemlerin yapılması zamanı artırır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

İçerisinde % 0,35 oranında karbon bulunan az karbonlu çelik malzemelere katı, sıvı ve gaz sementasyon yöntemi uygulayarak % 0,6-0,8 arasında karbon oranlarına ulaşınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
KATI SEMENTASYON		
1. Sertleştirilecek yüzeyi temizlediniz mi?		
2. Karbürleyici tozu sementasyon kutusuna yerleştirdiniz mi?		
3. Sertleştirilecek malzemeyi toz içine tamamen örtecek şekilde yerleştirip kutuyu kapattınız mı?		
4. Sementasyon kutusunu homojen şekilde 9000°C'ye kadar ısıttınız mı?		
5. Kutuyu yaklaşık 8-16 saat bu sıcaklıkta tuttunuz mu?		
6. Isıtma işleminden sonra parçaların kendi hâlinde soğumasını sağladınız mı?		
7. Karbon emdirilen parçalara tekrar sertleştirme tavı uygulayarak 3 mm derinliğinde yüzey sertleştirme sağladınız mı?		
8. Parçaların sertliğini kontrol ettiniz mi?		
SIVI SEMENTASYON		
9. Sertleştirilecek yüzeyi temizlediniz mi?		
10. İçerisinde sodyum siyanür, stronsiyum ve baryum bileşikleri bulunan tuz banyosunu hazırladınız mı?		
11. Sudan arındırılmış tuz banyosunu 930 °C'ye kadar ısıttınız mı?		
12. Sertleştirilecek malzemelere ön tavlama uyguladınız mı?		
13. Sertleştirilecek malzemeleri banyo içerisine astınız mı?		
14. Parçaları 930 °C' de olan banyoda yaklaşık olarak 8 saat beklettiniz mi?		
15. Parçaları banyodan çıkarttıktan sonra direkt soğutarak (soğutma sıvısına daldırarak) yüzeyde sertleştirme sağladınız mı?		
16. Parçaların sertliğini kontrol ettiniz mi?		
17. Çalışmalarınızda iş önlüğü, gözlük ve eldiven kullandınız mı?		
18. Uygulamalarınızda emniyet tedbirlerini aldınız mı?		
GAZ SEMENTASYON		

19.	Sertleştirilecek yüzeyi temizlediniz mi?		
20.	Parçaları tav fırınına yerleştirdiniz mi?		
21.	Parçaları 930 °C'ye kadar ısıttınız mı?		
22.	İşlem sıcaklığında parçalara karbon verici gaz gönderdiniz mi?		
23.	Gaz gönderme işlemi 18 saat uyguladınız mı?		
24.	Parçaların kendi hâlinde soğumasını sağladınız mı?		
25.	Karbon emdirilen parçalara tekrar sertleştirme tavı uygulayarak yüzey sertleştirme sağladınız mı?		
26.	Karbon emdirilen malzemede karbon derinliğini ölçtünüz mü?		
27.	Parçaların sertliğini kontrol ettiniz mi?		
28.	Çalışmalarınızda iş önlüğü, gözlük ve eldiven kullandınız mı?		
29.	Uygulamalarınızda emniyet tedbirlerini aldınız mı?		
ÇALIŞMA KURALLARI			
30.	Çalışmalarınızda iş önlüğü giydiniz mi?		
31.	Gözlük ve eldiven kullandınız mı?		
32.	Çalışmalarınızda dikkatli davrandınız mı?		
33.	Yanmalara karşı tedbirlerinizi aldınız mı?		
34.	Mesleğinizle ilgili her türlü etik ilkelere uygun davrandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ 1'İN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	D
3	A
4	A
5	C
6	B
7	C
8	D
9	D
10	B

ÖĞRENME FAALİYETİ 2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	A
3	A
4	D
5	B
6	B

ÖĞRENME FAALİYETİ 3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	A
2	B
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış
6	Doğru
7	Yanlış
8	Doğru
9	Doğru
10	Yanlış

KAYNAKÇA

- DEMİRCİ A. Halim, **Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi**, Alfa, 2004.
- SAVAŞKAN A. Temel, **Malzeme Bilgisi ve Muayenesi**, İber Ofset, Trabzon, 2004.
- SERFİÇELİ Y. Saip, **Malzeme Bilgisi**, Form Ofset, Ankara, 1998.
- SERFİÇELİ Y. Saip, **Malzeme Bilgisi**, Millî Eğitim Basımevi, İstanbul, 2000.
- SERFİÇELİ Y. Saip, **Metal İşleri Meslek Teknolojisi 1**, Form Ofset, Ankara, 2003.
- ŞAHİN Sami, **Malzeme Bilgisi**, Şafak Matbaası, Ankara, 1997.
- TOPBAŞ M. Ali, **Çelik ve Isıl İşlem El Kitabı**, Ekim Ofset, İstanbul, 1998.