



**T.C.**  
**DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ**  
**SİMAV TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ**  
**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**MODERN İMALAT YÖNTEMLERİ**  
Kimyasal İşleme (CHM-Chemical Machining/Milling)

**Hazırlayan**  
Aydanur AKKUT

**Ders Yürütücüsü**  
Dr. Yakup Yıldız

**Kütahya-2021**

# GİRİŞ

Modern İmalat Yöntemleri dersinde; alışılmış imalat süreçlerinde modern uygulamalar (minimum miktarda yağlama (MQL) teknolojisi, kriyojenik soğutma teknolojisi), mekanik alışılmamış imalat yöntemleri, termal alışılmamış imalat yöntemleri, kimyasal ve elektrokimyasal alışılmamış imalat yöntemleri, hibrit alışılmamış imalat yöntemleri, alışılmamış imalat yöntemlerinin makro /mezo /mikro /nano uygulamaları gibi konu başlıkları ele alınmaktadır.

Geleneksel talaşlı imalat yöntemlerinin söz konusu olumsuzlukları ve sınırlılıkları göz önünde bulundurulduğunda son yıllarda bu yöntemlerin geliştirilmesi veya onların yerini alacak yeni talaş kaldırma metotlarının uygulanması kaçınılmaz bir gelişme olmuştur. İşte bu amaçla geleneksel olmayan (Modern) fakat aynı zamanda genelde mekanik de olmayan talaş kaldırma yöntemleri geliştirilmiştir.

Bu raporda modern imalat yöntemlerinden biri olan ve kimyasal enerji kullanılarak geliştirilmiş olan kimyasal işleme (chemical machining) hakkında detaylara yer verilecektir.

Tarihin bilinen en eski malzeme işleme yöntemlerinden birisi olan **Kimyasal İşleme** günümüzde alışılmamış imalat yöntemleri kategorisinde birçok sektörde yaygın olarak kullanılmakta ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Geliştirilen bu modern işleme sayesinde daha verimli ve hassas işlemler uygulanabilmektedir.

# İÇİNDEKİLER

<b>Modern İmalat Yöntemleri</b>	<b>3</b>
<b>Kimyasal Enerji Kullanan Yöntemler</b>	<b>4</b>
<b>Kimyasal Enerji Kullanan Yöntemlerin Ortak Özellikleri</b>	<b>6</b>
<b>Tarihçe</b>	<b>6</b>
<b>Kimyasal İşleme Nedir?</b>	<b>7</b>
<b>İşlem Basamakları</b>	<b>8</b>
İş parçası hazırlama/Temizleme (Workpiece Preparation/Cleaning)	8
Maskeleme (Coating with masking material)	9
Maske Tipleri	11
Şekillendirme (Scribing of the mask)	13
Kimyasal Aşındırma (Etching)	15
Son Temizleme (Demasking – Cleaning masking material)	17
<b>Kimyasal İşleme Prosesleri</b>	<b>19</b>
Kimyasal Frezeleme (Chemical Milling)	19
Kimyasal Boşaltma (Chemical Blanking)	20
<b>Diğer Metotlar</b>	<b>21</b>
<b>CHM Avantajları</b>	<b>21</b>
<b>CHM Dezavantajları</b>	<b>21</b>
<b>Kimyasal İşlemede Tasarım Kriterleri</b>	<b>22</b>
<b>Kimyasal İşleme Örnekleri</b>	<b>23</b>
<b>Kaynakça</b>	<b>28</b>

# 1. Modern İmalat Yöntemleri

Metallerin talaşlı olarak işlenmesinde kesici takım malzemesinin işlenen malzemeden daha sert olması gerektiği göz önünde bulundurularak hedef, daima kesici takımların geliştirilmesi ve yüksek oranda talaş kaldırmak olmuştur. Oysa son yıllarda yüksek mukavemet ve ısıya dirençli malzeme ihtiyacını karşılamak için geleneksel metotlarla işlenmesi çok zor olan bazı alaşımlar üretilmiştir. Bu yeni malzemelerden üretilen parçalar da ekseriya kompleks biçimlidir. Bu sebeple bu parçaların işlenmesi için alternatif işleme metotları üzerinde çalışılmıştır.

Çoğu zaman kaçınılmaz olmasına rağmen talaşlı imalat pahalı ve zor bir işleme metodudur ve büyük miktarda enerji gerektirir. Talaşların geri dönüşümünün de belirli bir maliyeti vardır. Talaşlı imalatın gereği olarak kullanılan enerjinin bir kısmı ısıya dönüşür ve bu ısı da parçanın çarpılmasına ve yüzeyde çatlaklar oluşmasına sebep olur. Çeşitli yönlerde çeşitli şekillerde oluşan kesme kuvvetlerinin karşılanması için parçanın sıkı bağlanması gerekir bu bağlamada, parçanın çarpılmasına sebep olabilir. Sonuçta geleneksel talaşlı üretimle imal edilen parçalar için bazı sınırlılıklar vardır. Az miktardaki bu sınırlılıklarına rağmen birçok parçanın geleneksel talaş kaldırma yöntemleri ile üretilmesi mümkün değildir.

Modern talaş kaldırma yöntemleri, malzemelerin sert olduğu ve geleneksel metotlarla talaş kaldırmanın ve taşlama işleminin mümkün olmadığı durumlarda kullanılır. Yeni geliştirilen bu yöntemler parça yüzeyinde kolayca fark edilebilen talaş veya işleme izi oluşturmaz ve birçoğu yeni enerji çeşidi ile çalışır. Modern talaş kaldırma yöntemleri geleneksel talaşlı imalatla karşılaştırıldığında düşük talaş kaldırma oranına sahiptir. Ancak daha iyi boyut hassasiyeti elde edilir ve yüzey altı hasarları daha azdır.

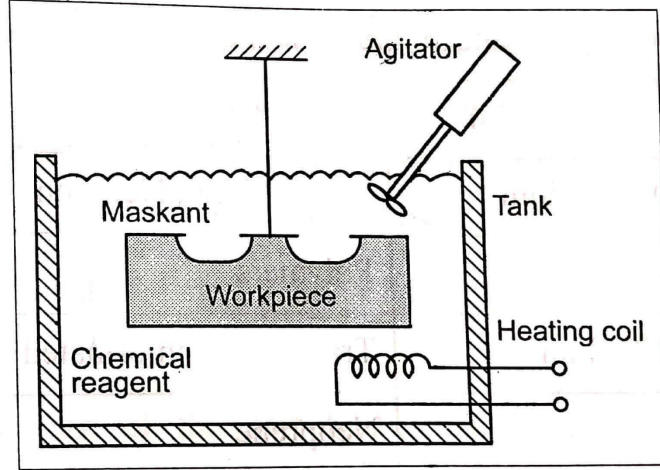
Geleneksel olmayan yapım yöntemleri yaygın olarak kullandıkları enerjiye göre:

- ☐ Mekanik enerji kullanan yöntemler
- ☐ Elektro kimyasal enerji kullanan yöntemler
- ☐ Kimyasal enerji kullanan yöntemler
- ☐ Isıl enerji kullanan yöntemler

## 2. Kimyasal Enerji Kullanan Yöntemler

### 1. Kimyasal İşleme (Chemical Machining-CHM)

İlerleyen konularda detaylı bahsedilecektir.



[Şekil 1.](#) Kimyasal işleme şematik gösterim

### 2. Elektriksel Parlatma (ELP)

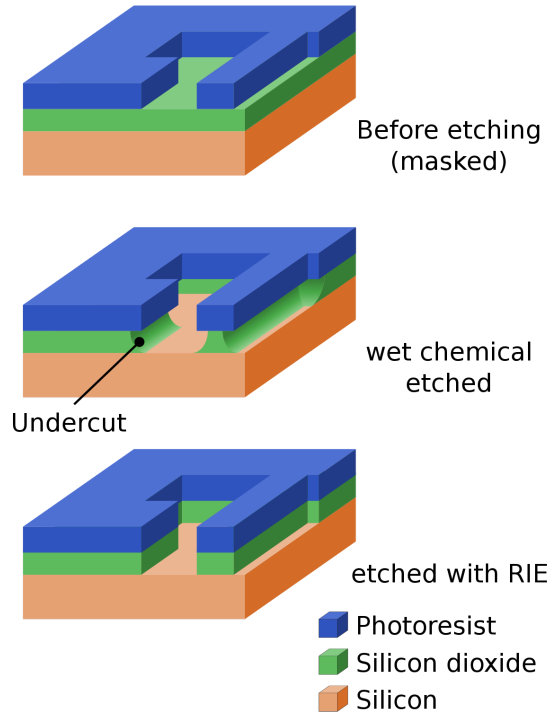
Kimyasal işleme (CHM) ile elektrokimyasal işleme (ECM) yöntemlerinin birleşimidir. ELP de asıl malzeme işleme mekanizması, CHM de olduğu gibi yoğun asit eriyiklerin iş malzemesini aşındırmasıdır. Bu yöntem yüksek kaliteli, pürüzsüz ve artık gerilmesiz yüzeyler elde edilmesinde kullanılır.

### 3. Isıl Kimyasal İşleme (Thermochemical Machining-TCM)

İş malzemesi üzerinde bulunan çapakları ve pürüzleri kısa süreli sıcak gazlarla temasta bırakarak temizleyen bir yöntemdir. Sıcak gazlar patlayıcı bir ortam kullanarak üretilir. Bu yöntem, ulaşılması güç yerlerde bulunan çapak ve pürüzlerin temizlenmesinde (örneğin: karbüratör gövdeleri, dişliler, vana gövdeleri vb.) kullanılır.

#### 4. Fotokimyasal İşleme (Photochemical Machining-PHM)

Üretilcek parçanın resminin film olarak malzeme üzerine kaplanmasından sonra film üzerindeki negatif/pozitif bölgeler püskürtme ya da daldırma ile aşındırılır. Böylece açığa çıkan iş malzemesi CHM ile işlenir.



Şekil 2. Fotokimyasal işleme aşamaları

#### 5. Lazer Yüklemeli Kimyasal İşleme (LCP)

Maske kullanmadan kimyasal işleme sağlayan bir yöntemdir. Kimyasal aşınma yapılacak bölgeler, lazer yardımı ile belirlenir. Birkaç mikrometre boyutlarından birkaç santimetre boyutlara kadar işleme sağlanır. Yöntem elektronik sanayinde uygulanır.

### 3. Kimyasal Enerji Kullanan Yöntemlerin Ortak Özellikleri

- 1) Kontrollü kimyasal aşınma ile hassas şekilde malzeme işlenebilir.
- 2) Aşınması istenmeyen yüzeyler uygun bir koruyucu madde (maske) ile kaplanır.
- 3) Açıkta kalan yüzeylere aşındırıcı kimyasal sıvı püskürtülür ya da iş parçası bu sıvı içine daldırılır.
- 4) İşleme hızı genellikle sıvı özelliklerine bağlı olmakla birlikte sıvı yoğunluğu tipik olarak 0.025 mm/dk doğrusal işleme hızları verecek şekilde ayarlanır.

### 4. Tarihçe

Malzemeyi çıkarmak için kimyasalların kullanılması eski bir zanaattır. MÖ 2500 yıllarında Mısırlılar bakır mücevherleri sitrik asit ile işlemişlerdir. Bu yöntem 19. yüzyıla kadar dekoratif işleme için çok geniş bir şekilde kullanıldı.

Fotografinin gelişmesi ile kimyasal işlemeye yeni bir boyut kazandırıldı. William Fox Talbot, 1852'de fotorezist (photoresist) kullanarak demir klorür (ferric chloride) ile bakır işlemek için bir işlem patenti aldı. John Baynes, 1888'de Amerikada patenti alınan bir fotorezist kullanarak malzemenin her iki tarafınıda işleyebilmek için bir işlem tanımladı ve patentini aldı. İkinci dünya savaşından sonra temel endüstri uygulaması haline geldi.

Amerikan endüstrisi tarafından 1930'larda sınırlı kullanım başladı. 1940 yılında North American Aviation, Inc, uçak kanat panellerinin imalatında kullanılan Chem-Mill adlı bir işlemin patentini aldı.

Günümüzde CHM, parçaların frezelenmesi veya kesilmesi amacıyla malzemeleri kontrollü bir şekilde çözmek için asidik veya alkali çözeltiler kullanılan bir işlem olarak tanımlanmaktadır.

## 5. Kimyasal İşleme Nedir?

Kimyasal aşındırma (aşındırma ortamına aşındırıcı asit, alkali denir.) yoluyla malzeme (metal, cam, plastik vb.) üzerinde şekil/desen oluşturmak için genellikle aşınmaya dirençli bir delik/açıklık modeli, yapışkanlı şablon (maskeleyici/direnç, fotorezist) aracılığıyla malzeme kaldırma işlemidir. Süreçteki en önemli iki faktör maskeleme ve aşındırıcı seçimidir.

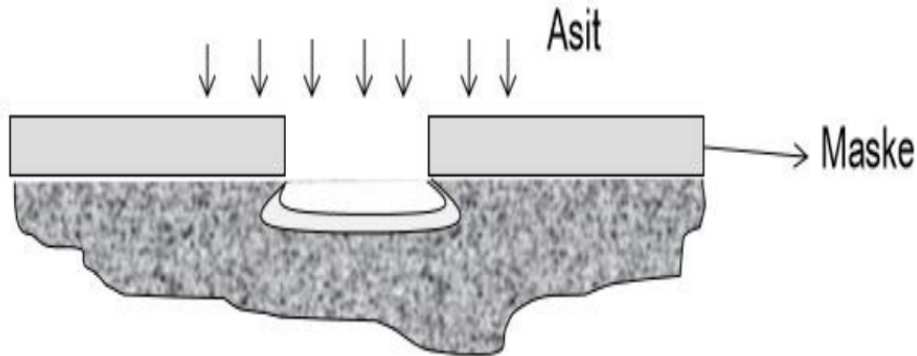
Prensip: Kimyasallar metallere saldırır ve reaktifler veya dağlayıcılar kullanarak yüzeyden küçük miktarlarda materyali kaldırarak onları aşındırır.

CHM'nin iki ana işlemi şunlardır:

1. Kimyasal aşındırma- malzemeyi aşındırarak kör detaylar-cepler, kanallar vb.
2. Kimyasal sac kesme-malzemeye tamamen nüfuz eden ayrıntıları (delikler, yuvalar vb.) üretmek için.

Bu metot önceleri isim, marka ve amblem gibi küçük boyutlu baskı kalıpları yapımında kullanılırdı. Şimdi ise çok küçük elektronik devrelerden çok büyük parçaların üretilmesine kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır.

CHM yöntemi, bugünkü endüstriyel uygulama potansiyeli ile başta havacılık ve uzay teknolojisi, elektronik sanayii olmak üzere hemen bütün endüstriyel alanlarda ucuz ve hassas bir yapım yöntemi olarak kabul edilmiştir.



[Şekil 3.](#) CHM yöntemi



## 6. İşlem Basamakları

Kimyasal işleme (CHM) beş aşamalı bir işleme yöntemidir. Bir parçaya uygulanacak kimyasal işlem aşağıdaki sıra takip edilerek yapılabilir:

### 6.1. İş parçası hazırlama/Temizleme (Workpiece Preparation/Cleaning)

İş parçası kimyasal işleme girmeden önce temizlenmek zorundadır. İş malzemesi yüzeyinden yağ, oksit vb. yabancı maddelerin, buhar, mekanik ve alkali yöntemlerle kaldırılmasıdır. Aşırı kirli yüzeyler için kurulama ve buhar temizleme gerekli olabilir. İyi bir temizleme maskenin malzemeye iyi yapışmasını sağlar.

Temizleme yöntemleri:

1. Mekanik temizleme yöntemi
2. Kimyasal temizleme yöntemi

Özellikle metal yüzeylerdeki pasın temizlenmesi için son derece etkili bir yüzey temizleme yöntemidir. Uygun konsantrasyonlarda asit çözeltileri içine daldırılarak metal yüzeyindeki pas ve yabancı maddelerin kimyasal olarak temizlenmesidir. Metal üzerindeki yağ ve pası alırken maskenin yüzeyde tutunmasını artırır.

#### Avantajları

Kimyasal temizleme yönteminin diğer yöntemlere göre avantajları şunlardır: Temizlemenin yüzeyin her tarafında etkili ve eşit olması Girintili ve çıkıntılı yüzeylerde de istenen temizliğin elde edilmesi Daha hızlı olması Kullanım alanının geniş olması.

### 3. Ultrasonik temizleme yöntemi

Yüksek frekanslı ses dalgalarının sıvı dolu bir tankın içerisine uygulanması ile tank içindeki malzemenin kirlerinden arındırılması işlemidir. Ultrasonik enerjisi 'kavitasyon' adı verilen etkiyi açığa çıkararak temizliğin gerçekleşmesini sağlar. Temizleme işlemi genellikle su içinde yapılır.

### Avantajları

Başka şekilde ulaşılması zor delik, girinti gibi detaylara sahip ve temizlenmesi çok zor parçaların etkin bir şekilde temizliği yapılabilir. Ultrasonik temizleme, parça üzerinde diğer herhangi bir temizleme yönteminin ulaşamayacağı ölçüde temizlik sağlar. Su, kimyasal maddeler ve elektrik gibi kaynakların ekonomik kullanımı sağlanır. Çok kısa sürelerde temizliği sağlayarak verimliliği artırır. (örnek: mil yatağı, şırıngalar, otomotiv yakıt enjektörleri.) Biyolojik olarak parçalanabilen temizleme kimyasalları kullanılarak çevreye zarar vermeden temizlik yapılabilir

## **6.2. Maskeleme (Coating with masking material)**

İş malzemesi yüzeyinde, aşınması istenmeyen yüzeylerin, aşınmaya dirençli özel bir malzeme ile kaplanması gerekmektedir. Bu nedenle kullanılan aşındırıcı sıvıya karşı özel bir direnci olan bir malzeme iş parçasını tümüyle kaplayacak şekilde kullanılır. Bu amaçla daldırma, püskürtme ve kaplama yöntemleri uygulanır.

### **Maskeden Beklenen Özellikler:**

- Kimyasal direnç
- Kolay uygulanabilir, kolay temizlik
- Ucuzluk
- İyi işleme hassasiyeti
- İyi yapışma
- Düşük kırılabilirlik
- Zehirli olmaması

Properties of chemical etchants, concentrations, etching temperatures for various materials in chemical machining [5, 6]

Material	Chemical etchant	Concentration	Etching Temperature (°C)	Etch rate (mm/min)
Aluminium and alloys	FeCl <sub>3</sub>	12-18 ° Bé (*)	49	0.013-0.025
Copper and alloys	FeCl <sub>3</sub>	42 ° Bé	49	2.0
	CuCl <sub>2</sub>	35 ° Bé	54	1.0
	Alkaline etchants	---	50	---
Steel	FeCl <sub>3</sub>	42 ° Bé	54	0.025
Nickel	FeCl <sub>3</sub>	42 ° Bé	49	0.13-0.38
Titanium	HF	---	--	1.0
Magnesium	HNO <sub>3</sub>	% 12-15	32-49	1.0
Glass	HF	---	---	---
	HF+HNO <sub>3</sub>	---	---	---
Silicon	HNO <sub>3</sub> +HF+H <sub>2</sub> O	---	38-49	Very slow

\*(The calculation of Baumé [Bé] value is  $Bé = 145 [(sg-1)/sg]$  sg: specific gravity)

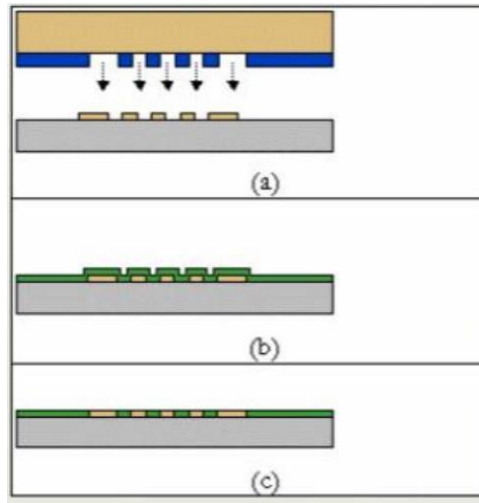
**Şekil 4.** Bazı kimyasal aşındırıcıların özellikleri

<b>Tablo 1. Maske Seçimi</b>	
<b>Etken</b>	<b>Değerlendirme</b>
Kimyasal Direnç	Maskeleyici ne kadar kalınsa, maruz kalma süresi o kadar uzun olur, böylece daha kalın maskelerle daha derin aşındırma mümkündür.
Parça Konfigürasyonu	Bazı maskeler yalnızca düz parçalara uygulanabilir.
Parça Miktarı	Üretim miktarı ne kadar yüksek olursa, üretim süreci o kadar az yoğunlukta işgücü olmalıdır.
Maliyet	Gerçek direnç malzeme maliyetleri değişiklik gösterir. Daha yüksek fiyatlı maskelerin çıkarılması genellikle daha kolaydır.
Çıkarma Kolaylığı	Maskeleyici genellikle kısmen kullanımdan önce çıkarılır. Hassas parçalar kolay sökülme gerektirir.
Gerekli Çözünürlük	Doğruluk maskeye ve uygulama yöntemine göre değişir. Daha kalın maskeler genellikle daha az doğrulukla sonuçlanır.

### 6.2.1. Maske Tipleri

#### 1) Kes yapıştırır tipi maskeler (Cut and peel maskants)

Maskeleme işlemi daldırma veya püskürtme şeklinde yapılır. Kauçuk tipi polyester (vinil, butil, neopren gibi) maske malzemesi olarak kullanılır. Maske üzerinden istenmeyen kısımlar çıkarılır. Maske kalınlığı  $\pm 0.13$  mm civarındadır. 1.5 mm'den az 10 mm den fazla olmamak üzere metal aşındırmada kullanılır. Geniş yüzeylerin işlenmesi amacıyla en çok kullanılan maske türüdür.



[Şekil 5.](#) Kes yapıştırır maske tipi

#### 2) Fotografik tipi maskeler (Photoresist maskants)

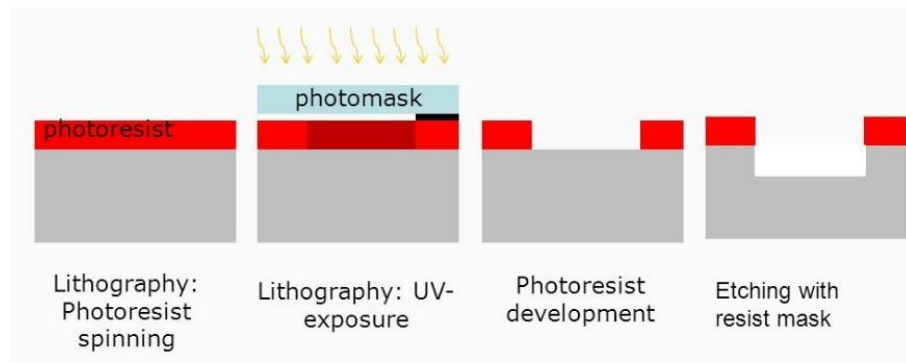
Maske malzemesi güneş ışığını gördüğü zaman toz haline gelen bir malzemedir. Daldırma, püskürtme ve merdane ile sürme şeklinde yapılır. İşlenecek yüzeyin negatif filmi (siyah saydam) hazırlanır. Maskelenmiş yüzey üzerine yerleştirilir ve ışık verilir. Maskenin ışık gören kısımları bozulur ve toz formda dökülür. Maske kalınlığı maksimum 0.05 mm olup kimyasallara karşı çok dirençsizdir. En fazla 1.5 mm'ye kadar işleme yapılabilir. İşlenen yüzeylerde 0.013 mm boyut toleransı elde edilir.

### Avantajları

Maske uygulaması çok kolay İşlemin tekrarlanabilirliği çok iyidir. Seri üretime (4000 parçadan fazla) uygundur. İşleme toleransı iyidir ve işlenecek yüzeylerde tasarım değişikliği kolaydır.

### Dezavantajları

Işıktan korunması lazım. Çok kırılğan bir maskedir. Kimyasala uzun süre direnç gösteremez ve yüzeye yapışması zayıftır. Bilgi birikimi ister. Ayrıca işleme genişliği 0.1 mm (minimum) dir.



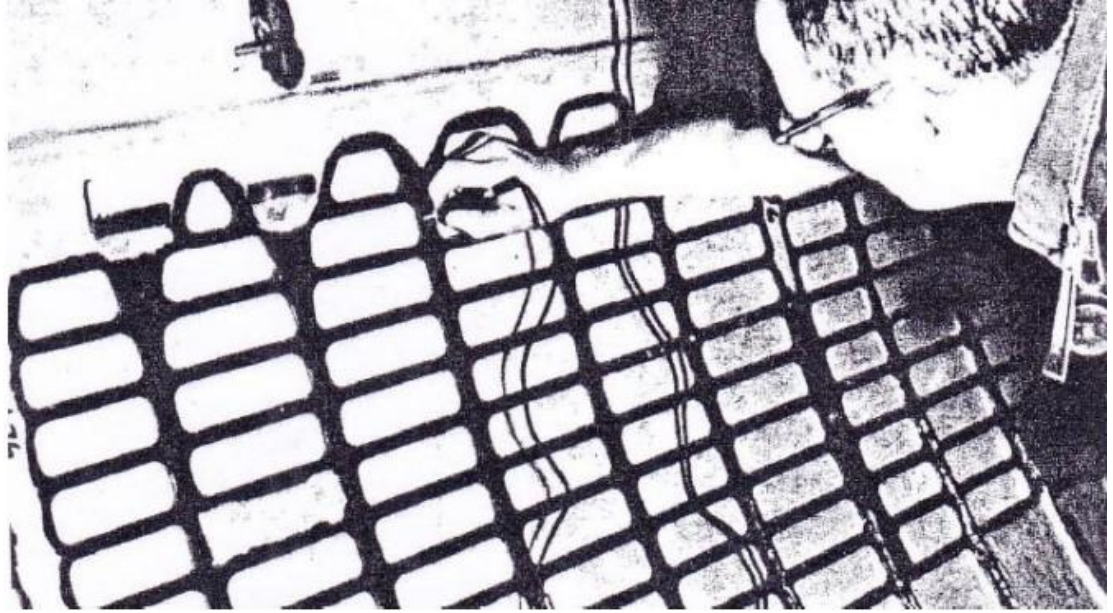
[Şekil 6.](#) Fotografik maske tipi

### **3) Matbaa/stencil tipi maskeler (Screen resist maskants)**

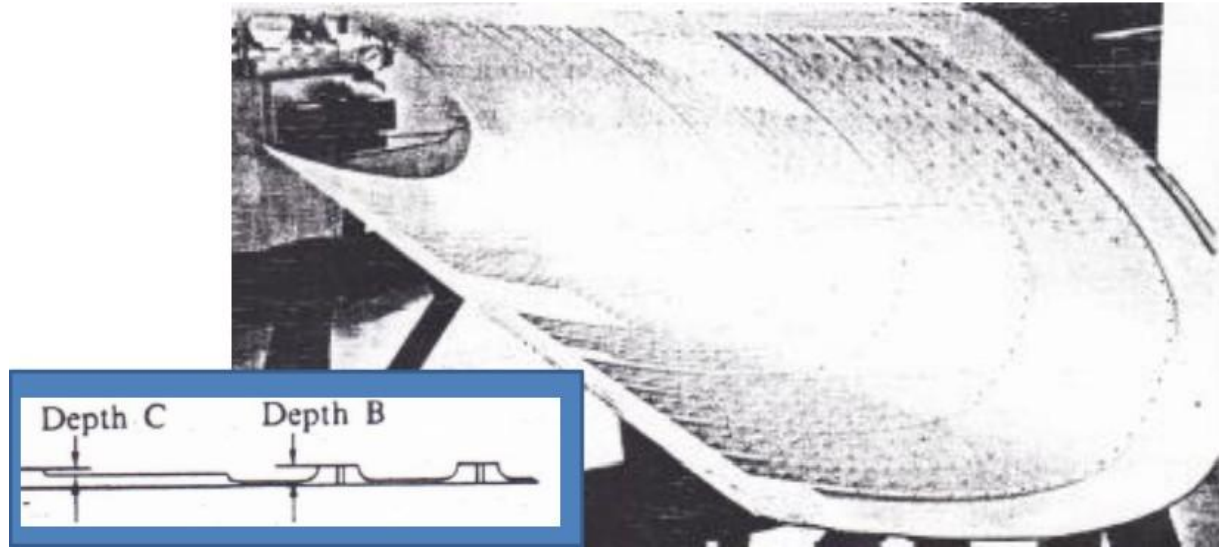
Maske malzemesi stencildir. Lastik merdanelerle uygulanır. Tekstil (tipik olarak ipek kumaş) istenen formda boyanır. Maske kalınlığı 0.05 mm, elde edilecek boyut toleransı 0.05 mm, en dar işleme 1.5 mm'dir. Maske temizliği fotografik maskeden zordur. İpek (şablon) parça üzerine yerleştirilir, merdane ile ipek üzerine stencil mürekkebi (boya) uygulanır. İpeğin gözeneklerinden geçen mürekkep parça yüzeyine yapışır ve maskeyi oluşturur.

### 6.3. Şekillendirme (Scribing of the mask)

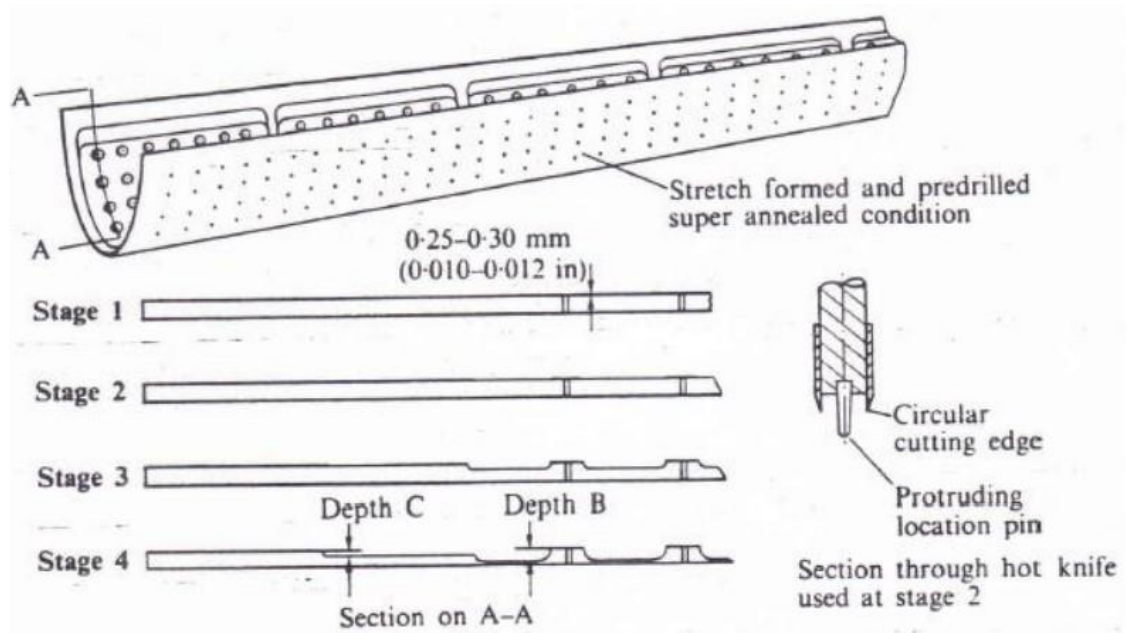
Maske ile kaplanmış iş parçasının aşınması istenen bölgeleri, çizme, kesme ve soyma yöntemleri ile açılır. Böylece açığa çıkan kısımlar eriyik ile temasta olur ve aşınır. Maske altında kalan kısımlar ise aşınmaz. Maske yüzeylerinin şekillendirmesi için daha hassas yöntemler (laser, elektron demeti, optik vb.) de kullanılabilir.



[Şekil 7.](#) Çizmek için sıcak bıçak



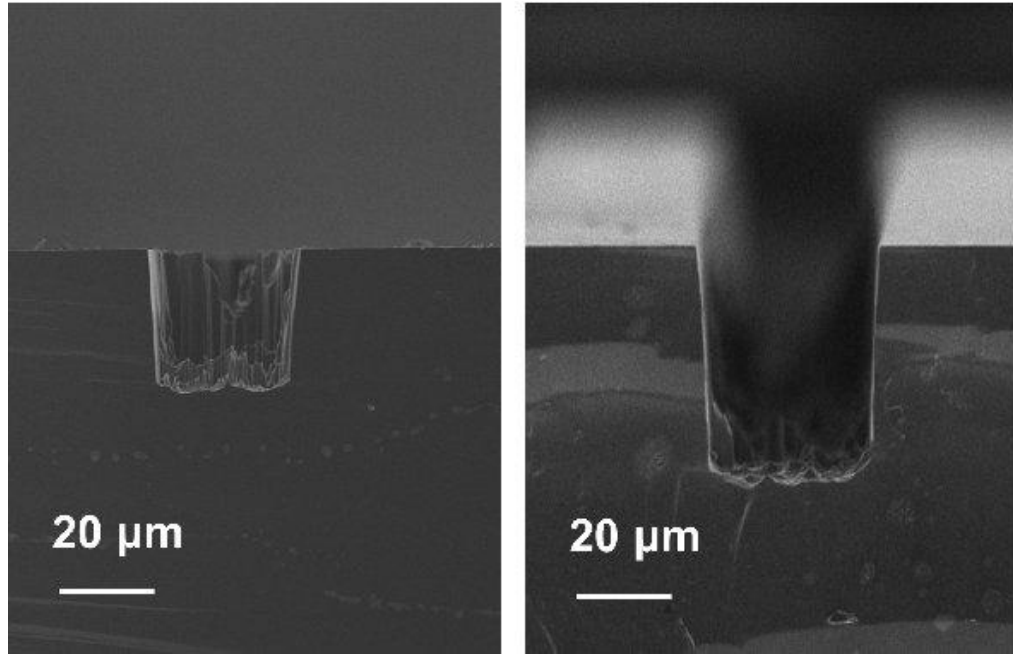
Şekil 8. Çok sayıda tekrarlayan deliğe sahip uçak paneli (ayrıntılar ektedir.)



Şekil 9. Çok sayıda tekrarlayan deliğe sahip uçak paneli, ayrıntılı şema

#### 6.4. Kimyasal Aşındırma (Etching)

İş malzemesine karşı aşındırıcı etkili eriyik ile iş parçası üzerindeki açık alanlarda işleme sağlanır. Kullanılan eriyik, iş malzemesine göre değişir. İş ile eriyik teması daldırma ve püskürtme yöntemleri ile sağlanır. İş malzemesinde işleme derinliği zaman ile doğru orantılıdır.



Şekil 10. Sırasıyla (a) HF / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / H<sub>2</sub>O aşındırıcıda 1 saat ve (b) HF / H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> / etanol aşındırıcıda 10 saat aşındırmadan sonra örneklerin kesitsel SEM görüntüleri.



Şekil 11. 3 bölmeli bir dağlama banyosu





Şekil 12. Spreyli aşındırma makinesi

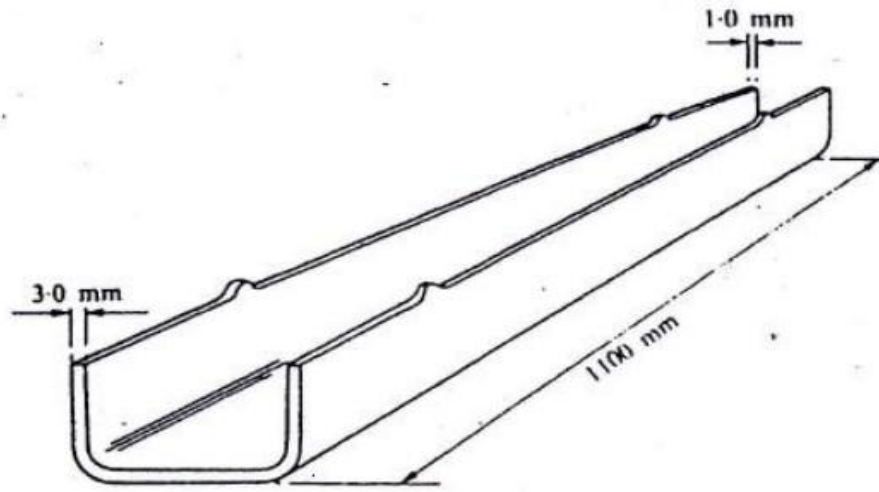


Şekil 13. 5 bölmeli ıslak dağlama masası

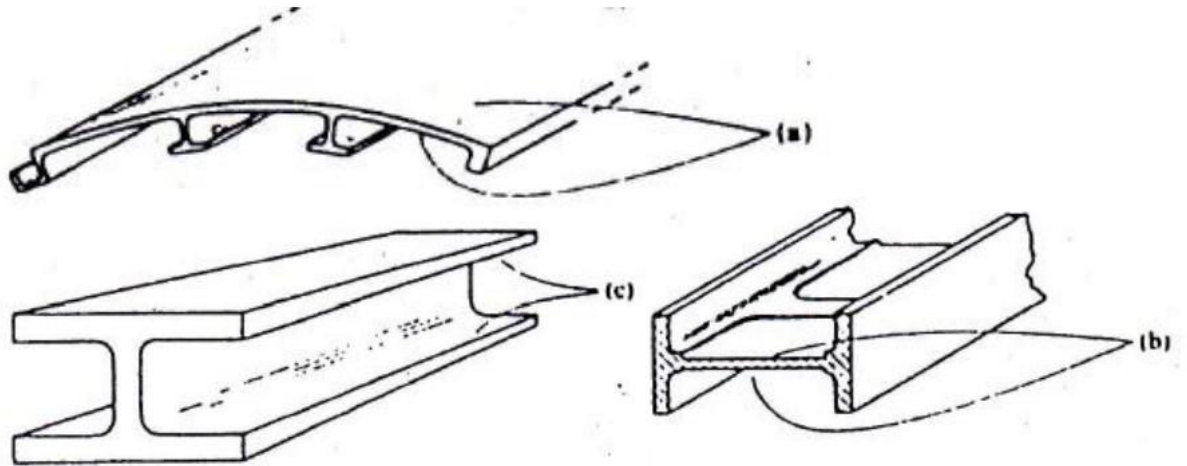
<b><u>Tablo 2. Aşındırıcı Seçimi</u></b>	
Gerekli Yüzey Kalitesi	Bazı malzeme ve aşındırıcı kombinasyonları, pürüzlülüğü bozan yüzey oksitlerinin oluşumuna neden olur.
Kaldırma Oranı	Daha hızlı oranlar maliyeti düşürür, ancak dirençli bağa zarar verir, zayıf bitirme işlemi ile sonuçlanır veya yüksek ısı üretir.
Malzeme Tipi	Aşındırıcı, malzemeye H <sub>2</sub> gevrekleşmesine veya gerilme korozyonu çatlamasına neden olmadan aşındırmalıdır.
Aşınma Derinliği	Bazı aşındırıcılar, derinlik arttıkça kötüleşen yüzey pürüzlülüğü oluşturur.
Karşı Koyma Şekli	Aşındırıcı, işlem süresi boyunca direnci yok etmemelidir.
Maliyet	Aşındırıcının bakım ve elden çıkarma maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır.

### 6.5. Son Temizleme (Demasking – Cleaning masking material)

Kimyasal işleme bittikten sonra, hem aşındırıcı sıvının hem de maskenin temizlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla aşındırıcı sıvıyı nötrleyen sıvılar, maske temizleme için de kimyasal ya da mekanik yöntemler uygulanır.



Şekil 14. Tüm uzunluğu boyunca konik şekilde incelen uçak kanadı



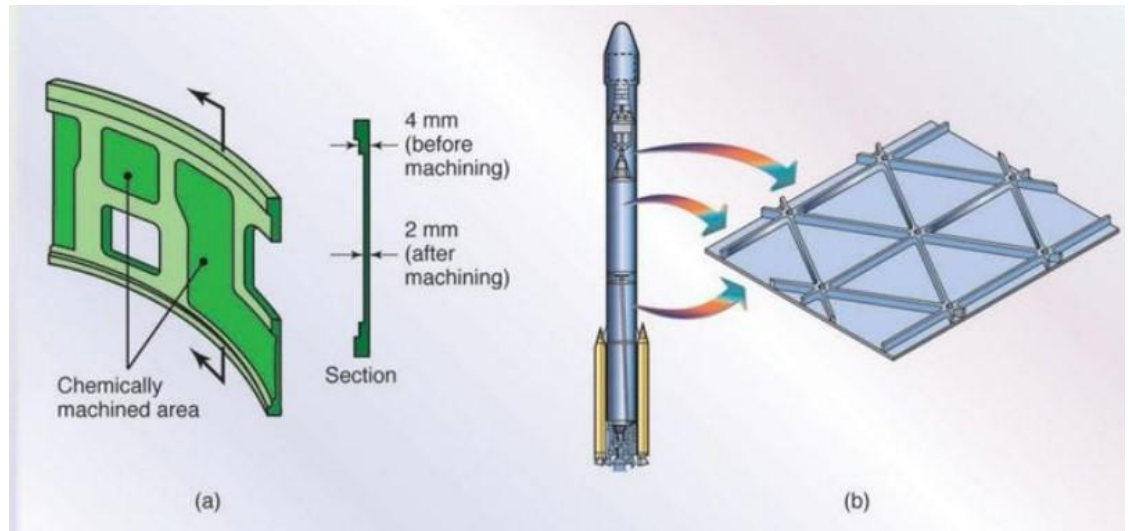
Şekil 15. Kimyasal olarak frezelenmiş ekstrüde kesitlere örnekler: (a) Ekstrüzyonla mümkün olmayan kalınlığa kadar aşındırma, (b) Profil gövdesi ağırlığını azaltmak için kesilmiş cepler, (c) Konik iç flanş

## 7. Kimyasal İşleme Prosesleri

### 7.1. Kimyasal Frezeleme (Chemical Milling)

Havacılık ve uzay sanayisinde çok fazla malzeme kaldırılması istenen işlemlerde tercih edilir. 0.5-0.9 mm derinlik, kes yapıştır maske kullanılır. Foto rezist kullanılmaz. Maske mekanik veya el yoluyla uzaklaştırılır.

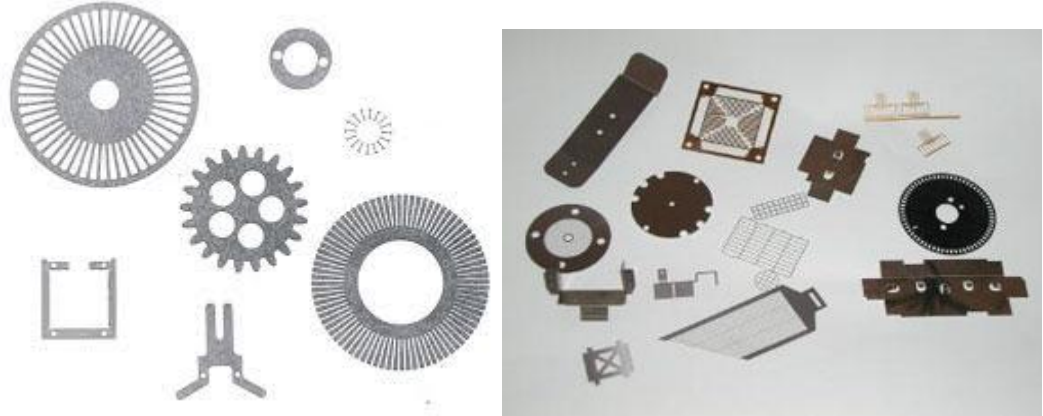
Prensip: Kimyasallar metallere aşındırır ve reaktifler/aşındırıcılar kullanarak yüzeyden küçük miktarlarda materyali kaldırarak onları aşındırır.



**Şekil 16.** a) Parçanın sertlik-ağırlık oranını iyileştirmek için kimyasal öğütme ile şekillendirilmiş füze kabuğu paneli kesiti. (b) Alüminyum alaşımlı levhaların kimyasal öğütülmesiyle uzaydan fırlatma araçlarının ağırlığının azaltılması.

## 7.2. Kimyasal Boşaltma (Chemical Blanking)

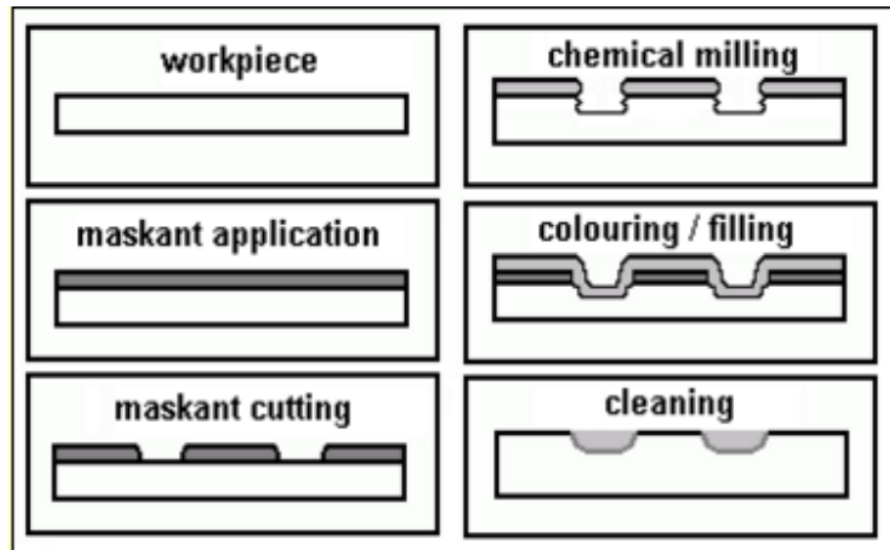
Bütün bir metal parçasının tamamını oymak için kullanılır. Genellikle ince metal levhalarda bütün metal parçasına nüfuz eden boşluklar ve yarıklar oluşturulur. İnce ekranlar, düz yaylar vb. üretmek için kullanılır.



[Şekil 17.](#) Kimyasal boşaltma örnekleri

## 7.3. Kimyasal Oyma (Chemical Engraving)

Ucuz fakat verimli değildir. Boşluk baskı ile yapılabilir fakat doğruluk azalır. Bu yöntem gevrek malzemeler için önerilir.



[Şekil 18.](#) Kimyasal Oyma Aşamaları

## 8. Diğer Metotlar

Bunların dışında dökümden sonra verilen çekme toleransı fazlalıklarını gidermek için kimyasal aşındırma adı verilen yöntem kullanılır. Bu yöntem iş parçası asit banyosuna alınarak istenmeyen fazlalıklardan arındırılır.

## 9. CHM Avantajları

CHM yönteminin en önemli üstünlüğü, diğer yöntemlerle işlenmesi imkansız olan işleri yapabilmektir. Uçak kanatlarındaki fazla metalleri alarak ağırlık azaltma gibi boyutsal hassasiyeti olmayan işler yanında, 0.1-0.005 mm kalınlıkta folyo işlemekte de başarı ile kullanılır, ince ve kalın saç malzemeler tüm yüzeyde ya da şekilli yüzeylerde, değişik kalınlıklarda ya da eğimli olarak işlenebilir.

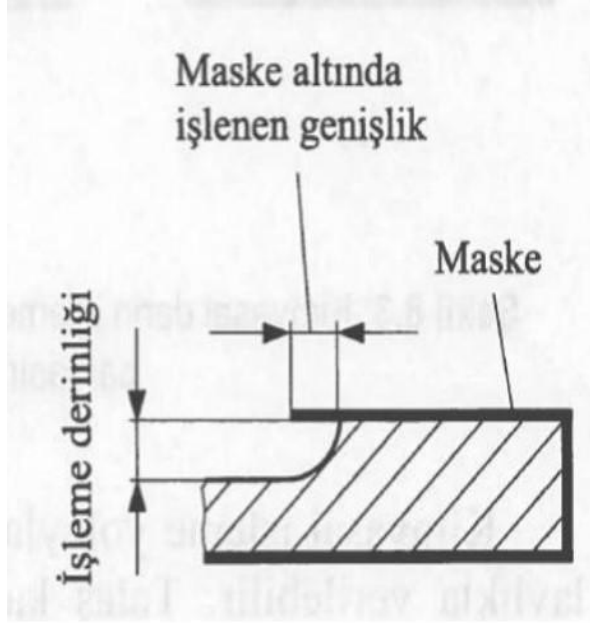
Malzeme üzerinde mekanik kuvvet uygulanmadığı için çok ince malzemeler işlenebilir. CHM ile üç boyutlu şekil vermek mümkündür. Yöntemin takım giderleri yoktur. Aynı tasarımda küçük değişiklikler yaparak kolayca yeniden üretmek mümkün olduğu için deneysel parça üretiminde de kullanılır

## 10. CHM Dezavantajları

CHM yönteminin önemli zayıflıklarından birisi, malzeme yüzeyine dikey işleme ile birlikte, maske altına doğru işlemenin önlenememesidir. Bu nedenle keskin köşeler, dar ve derin kesimler ve keskin eğimler işlenemez. Yüzeyde önceden var olan pürüzler temizlenemez. Gözenekli yapılarda ve kaynaklı malzemelerde yöntem sorun yaratır. Çevre kirliliği konusunda da dikkatli olmak gerekir.

## 11. Kimyasal İşlemede Tasarım Kriterleri

Kimyasal işlemede göz önünde bulundurulması gereken ve maske altındaki işlemeyi tanımlayan ve özellikle derin kanalların işlenmesinde ortaya çıkan en önemli faktör kanal genişleme faktörüdür. (Etch oranı)

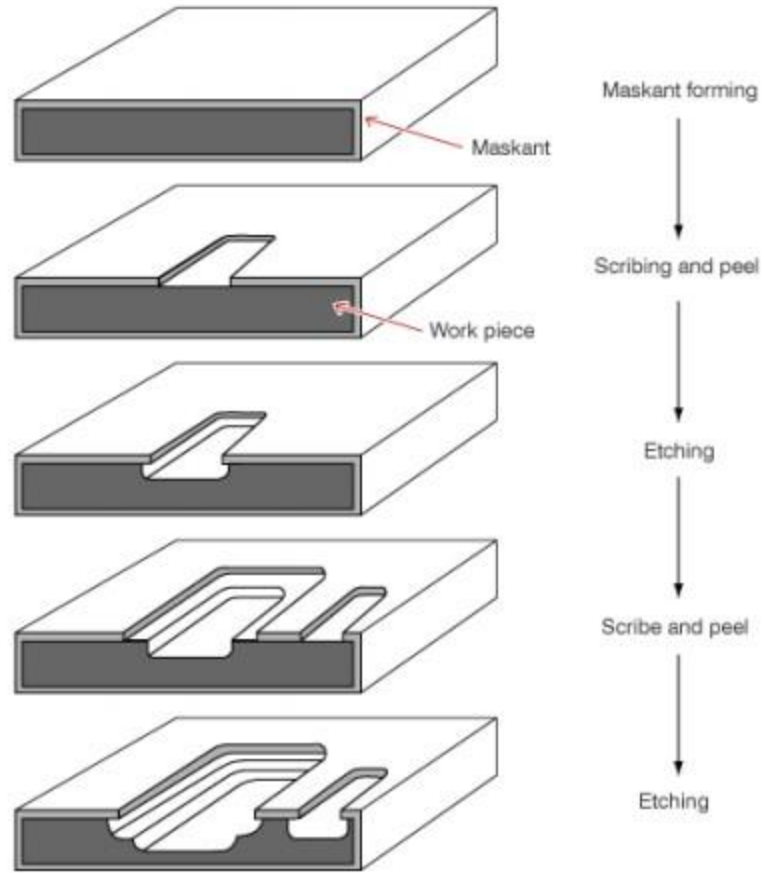


[Şekil 19.](#) Şekilde görüldüğü gibi, kimyasal ayrıştırıcı madde tek yönde talaş kaldırma yapmaz, sıvı olduğu için her yönde ilerler ve temas ettiği her yüzeyden talaş kaldırır. İşlemin uzun sürmesi halinde işleme derinliği artarken yatay işleme boyu da artacaktır.

İşleme derinliğinin %2-3 mm civarında olması halinde yatay ilerleme çok küçük olacağından bu olumsuz durum dikkate alınmayabilir. Fakat işleme derinliği tek veya çift taraflı olarak büyük olduğunda yatay işleme boyu oldukça uzayarak işleme alanı her yönde genişler.

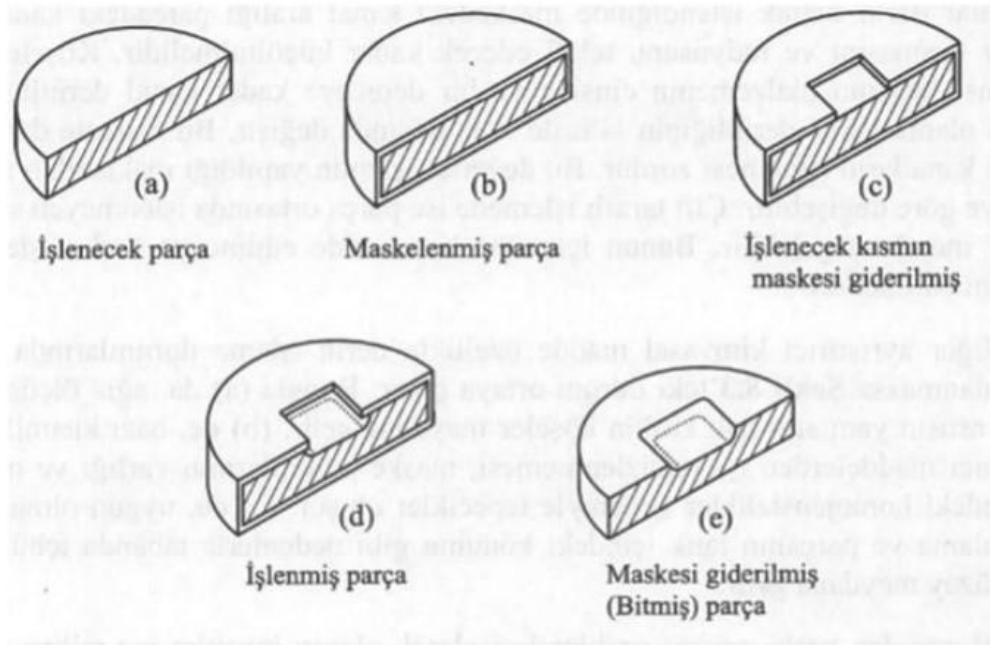
Parçalar derin olarak işlendiğinde maskedeki kanal aralığı parçadaki kanalın yatay uzamasını ve radüsünü telafi edecek kadar küçültülmelidir. Dar ve derin kanalların işlenmesi zordur.

## 12. Kimyasal İşleme Örnekleri

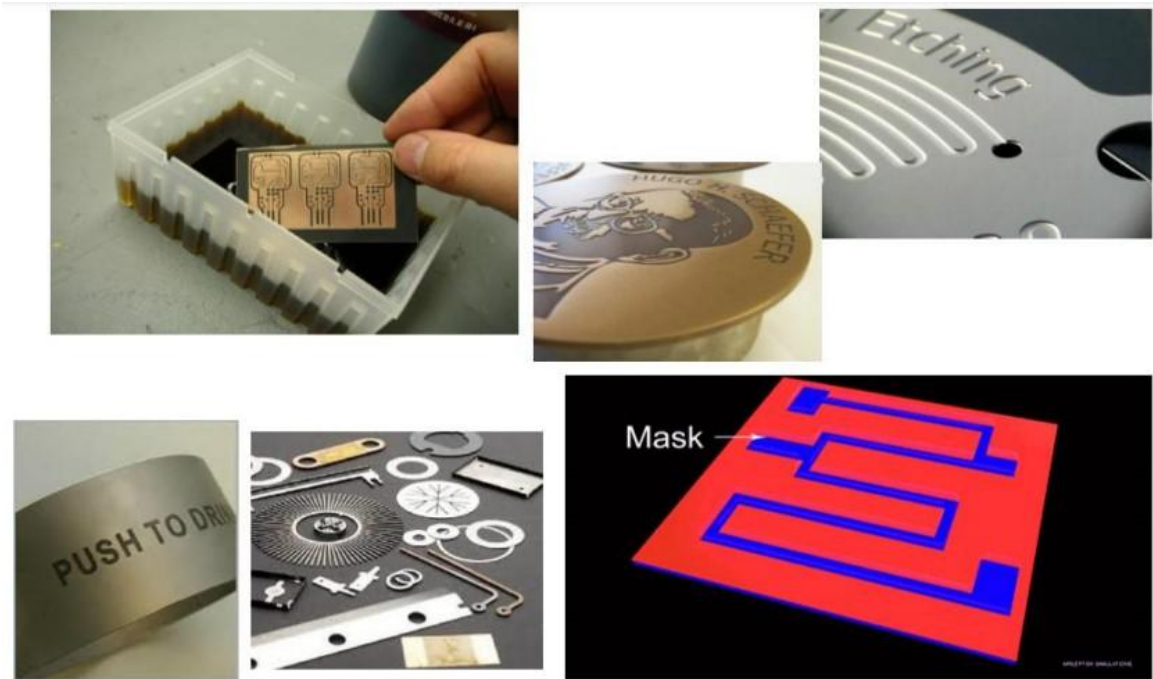


[Şekil 20.](#) CHM aşamaları

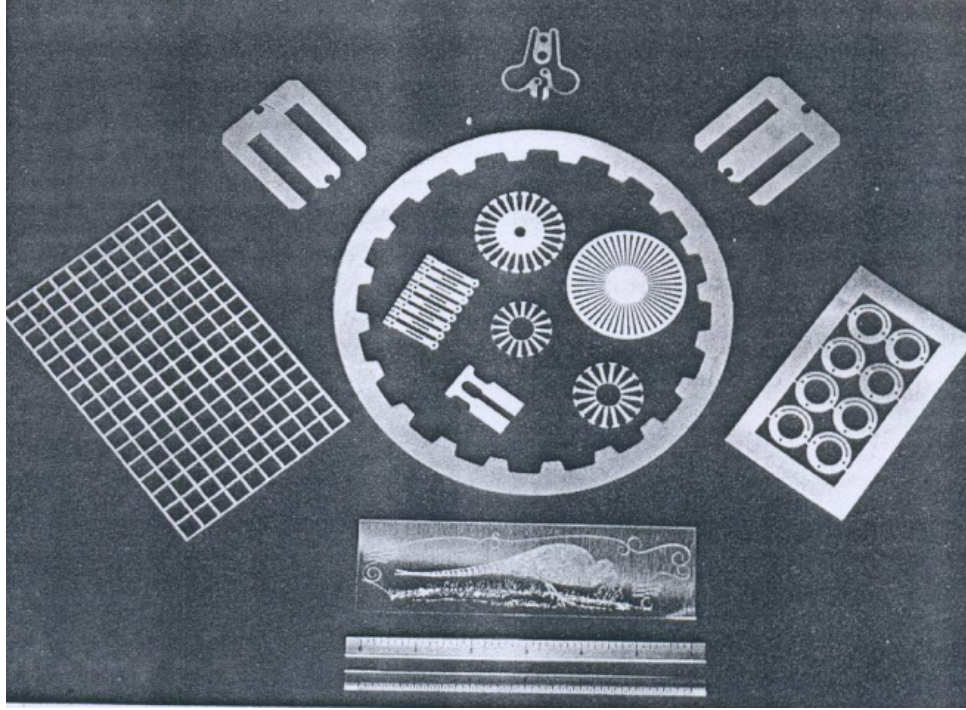




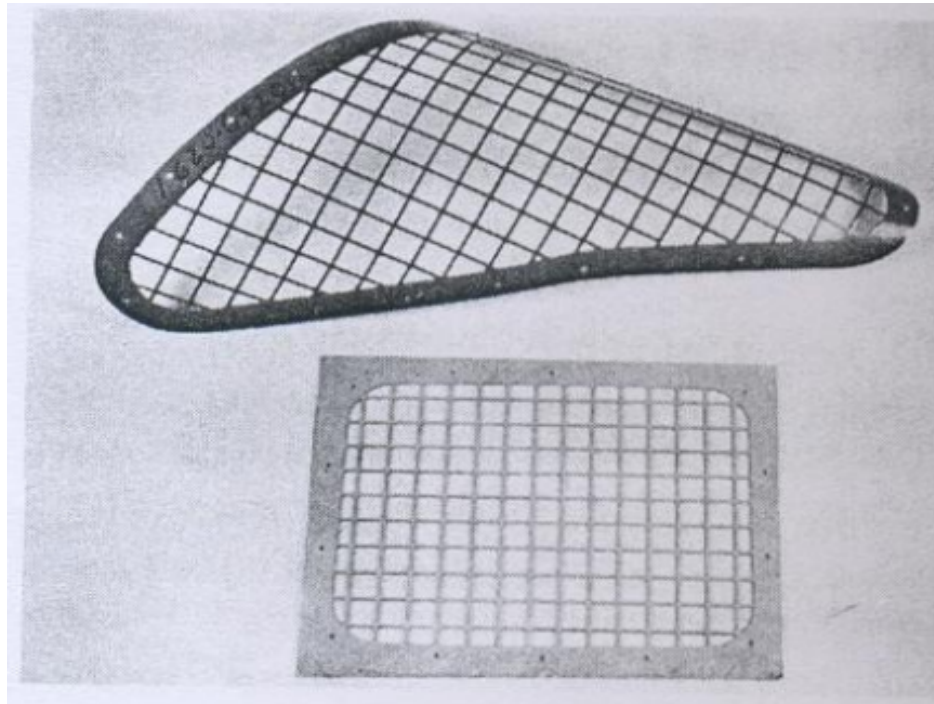
Şekil 21. CHM aşamaları



Şekil 22. CHM ile oluşturulan parçaların kullanım alanları



Şekil 23. Kimyasal boşaltma işlemi ile oluşturulmuş parçalar



Şekil 24. Alüminyum helikopter havalandırma bölmeleri

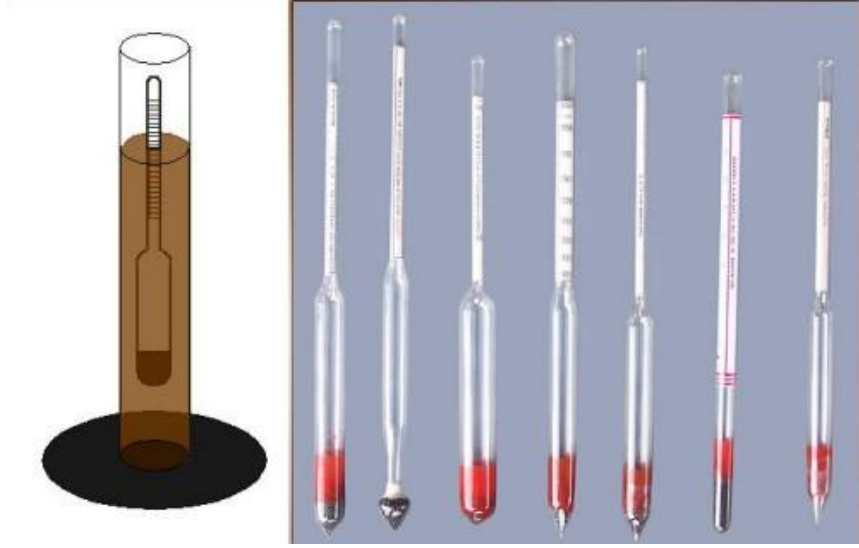


Şekil 25. Spirit AeroSystems, Wichita, ABD

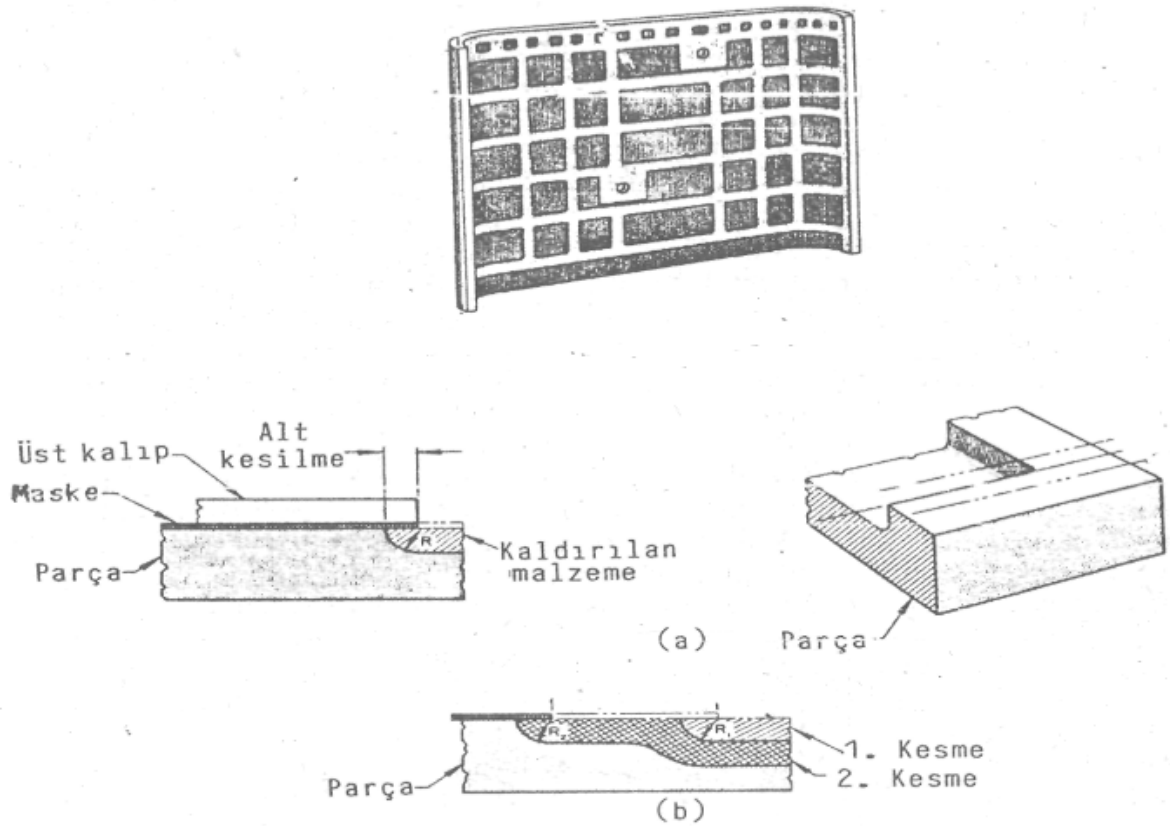


Şekil 26. Aşındırıcı konsantrasyonunun ölçülmesi, dijital yoğunluk ölçer





Şekil 27. Aşındırıcı konsantrasyonunun ölçülmesi, hidrometre



Şekil 28. Kimyasal frezeleme ve esasları

## 13. Kaynakça

- *Alışılmamış İmalat Yöntemleri Ders Notları, Doç. Dr. Naci KURGAN*
- *Advanced Manufacturing Processes (AMPs) Chemical Machining Processes, Lecture Notes, Dr. Sunil Pathak, PhD - IIT Indore (MP) India*
- *Study of improvement in silicon bulk micromachining by metal assisted chemical etching, June 2020, Journal of Physics Conference Series Rensong, Guo, Qiyu Huang, Shutang Wang, Jian Xu, Jiefeng Cao, He Lin*
- *Etchants for Chemical Machining of Aluminium and Its Alloys O. Çakır, Yıldız Technical University, Department of Mechanical Engineering, 34349 Istanbul, Turkey*
- *Chemical Machining, Kaushik Kumar, Divya Zindani, J. Paulo Davim*
- *Chemical Machining Process -An Overview, November 2019, Anurag Raj*
- *Chemical Machining, O. Çakır, A. Yardımcı, T. Özben, Department of Mechanical Engineering, Dicle University, 21280 Diyarbakir, Turkey*
- *Kimyasal İşleme, Derlemesi, Prof. Dr. Adnan Akkurt*
- *Chemical Machining (CHM): Working Principle, Application, Advantages & Disadvantages, by Saif, <https://www.theengineerspost.com/chemical-machining/>*
- *XCrNi18-8 Paslanmaz çeliğin kimyasal işlenmesi Orhan ÇAKIR, Mahsum BAL, Ekrem TÜZÜN, Veysi TOPRAK, Metin DİREK, Mehmet ARIĞTEKİN Dicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır*
- *Tüm görsellerin kaynağı görsele ve “Şekil x.” formatındaki kısımlara linklenmiştir.*