

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOZ METALURJİSİ YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN KESİCİ
UÇLARIN PROSES, YAPI VE MEKANİK ÖZELLİK
İLİŞKİLERİ**

Metalurji ve Malzeme Müh. Ozan YILMAZ

**FBE Metalurji ve Malzeme Anabilim Dalı Malzeme Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adem BAKKALOĞLU (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖNSÖZ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1 GİRİŞ	1
2 TOZ METALURJİSİ	2
2.1 Toz Metalurjisi Nedir?	2
2.2 Toz Metalurjisi Yöntemi İle Parça İmalat Yöntemi	2
3 TAKIM ÇELİKLERİNİN ÜRETİMİ	4
3.1 Takım Çeliklerinin Geleneksel Yöntemle Üretimi	4
3.2 Yüksek Hız Takım Çeliklerinin Geleneksel Yöntemle Üretimi	4
3.3 Yüksek Hız Takım Çeliklerinin Toz Metalurjisi İle Üretimi	7
4 GELENEKSEL TAKIM ÇELİKLERİNDE GELİŞMELER	9
4.1 Genel Olarak Takım Çeliklerinden Beklenen Özellikler	10
5 SERT METAL TOZLARININ ÜRETİLMESİ	12
5.1 Tozun Elde Edilmesi	14
5.2 Karıştırma	15
5.3 Sıkıştırma (Presleme)	15
5.4 Önsinterleme	16
5.5 Sinterleme	17

5.6	Taşlama.....	18
5.7	Bileme.....	18
5.8	Sert Metallerin Sınıflandırılması	18
6	YÜKSEK HIZ TAKIM ÇELİKLERİNİN SİNTERLENMESİ	20
6.1	Sinterleme Mekanizmaları.....	21
6.2	Sinterlemeyi Etkileyen Faktörler.....	21
6.2.1	Sinterleme Süresi ve Sıcaklığı.....	21
6.3	Sinterleme Atmosferleri	23
6.3.1	Karbon İçeriğinin Etkisi	23
6.3.2	Oksijen İçeriğinin Etkisi.....	24
6.3.3	Silikon İçeriğinin Etkisi.....	24
6.3.4	Karbid Oluşturucularının Etkisi	24
7	SİNTERLEMEDE TAM YOĞUNLUK İŞLEMLERİ.....	26
7.1	Sinterleme Çevrimleri.....	26
7.2	Deoksidasyon.....	26
7.3	Östenitleme	27
7.4	Tavlama	29
7.5	Soğutma	29
7.6	Nitrasyon	31
8	YÜKSEK HIZ TAKIM ÇELİKLERİNİN ISIL İŞLEMLERİ	32
8.1	Sıcak İş Takım Çeliklerinin Isıl İşlemi.....	35
8.2	Mikroyapıya Alaşım Elementinin Karışması	38
8.3	Yüksek Hız Takım Çeliğinin Mikroyapısı ve Alaşım Elementlerinin Çelik Özelliklerine Etkisi	39
9	FREZELEME İÇİN MEKANİK SIKMALI UÇLAR.....	41
10	TORNALAMA İŞLEMLERİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ	43
10.1	Tornalama Takımları İçin Sıkma Sistemleri	44
10.1.1	P-Levyeli Sıkma Sistemi	44
10.1.2	M - Sıkma Sistemi	44
10.1.3	S - Vidalı Sıkma Sistemi	45
10.2	İç Tornalama İşlemlerinde Takımların Seçimi	46
10.2.1	Vibrasyon'a Hassas İşler İçin Göz Önünde Bulundurulması Gereken Faktörler..	47
10.3	Mekanik Sıkmalı Uç Büyüklüğünün Seçilmesi.....	48
10.3.1	Kesme Derinliği.....	48
10.3.2	Gerçek Kesme Boyu	48
10.4	Mekanik Sıkmalı Uç Şeklinin Seçilmesi	50
10.4.1	Mekanik Sıkmalı Uç Şekli.....	50
10.4.2	Köşe Radyusu Ve İlerleme	51
10.4.3	Kaba Tornalama	51
10.5	Sonuç İşlemleri	52

10.5.1	Genel Tavsiyeler.....	52
11	KONU İLE İLGİLİ YAPILAN BENZER ÇALIŞMALAR.....	54
11.1	Toz Metalurjisi Yöntemi ile Üretilen Yüksek Hız Takım Çeliğinin Aktive Edici İlavelerle Sinterlenmesi	54
11.2	Farklı Katılaşma Hızlarında Tozlardan Elde Edilen Yüksek Hız Takım Çeliğinin Sinterleme Esnasındaki Faz Ve Yapı Değişiklikleri	58
12	DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	68
12.1	Çalışma Planı	68
12.2	Numune Hazırlama	68
12.3	Presleme.....	70
12.4	Sinterleme	71
12.5	Isıl İşlemler	71
13	METALOGRAFİK ÇALIŞMALAR.....	72
14	SONUÇLAR.....	78
	KAYNAKLAR.....	81
	ÖZGEÇMİŞ.....	83

SİMGE LİSTESİ

a_p	Kesme Derinliği
a_e	Frezeleme Genişliği
f_z	Diş Başına İlerleme
d_1	Freze Kafa apı
n	Devir Sayısı (1/dak)
d	Freze apı
l_a	Kesme Boyu
a_p	Kesme Derinliği
$\square$	Ayar Açısı
r	Köşe Radyusu
f_n	İlerleme Değeri
R_{max}	Maksimum Yüzey Pürüzlülüğü Değeri
θ	Porozite Şartı
ρ	Yoğunluk
γ_s	Kompakt Yoğunluk
δ	Gama Fazı
β	Beta Fazı
K_{1c}	Yüksek Kırılma Dayanıklılığı
T	Sıcaklık

KISALTMA LİSTESİ

T/M	Toz Metalurjisi
HSS	High Speed Steel
HV	Hardness Vickers
MC	Metalkarbür
MN	Metalnitür
MB	Metalbromür
MSi	Metalsilizit
HIP	Hot Isostatic Press
M	Metal
HRC	Hardness Rockwell
PVD	Physical Vapor Deposition
S	Kesici Kenar Dayanımı
Z	Derin Noktalara Ulaşabilirlik
V	Vibrasyon Eğilimi
P	Güç Sarfıyatı
HB	Hardness Brinell
CVD	Chemical Vapor Deposition

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 5.1	Sinterleme öncesi sert metal tozların preslenmesi 16
Şekil 6.1	M2 Yüksek hız çeliklerinin sinterleme eğrisi(Klar,1990)..... 22
Şekil 6.2	Sinterleme yoğunluğu, sinterleme zamanı ve sinterleme sıcaklığı arasındaki ilişkiler(Klar,1990) 22
Şekil 7.1	Sinterleme operasyonu sürecinde toz metalurjisi ürünlerinin yoğunluk, mukavemet, süneklik gibi diğer yöntemlerle üretilen mamüllerin özelliklerine oranla zamanla değişimi ve mikroyapıları 26
Şekil 7.2	Yüksek hız çeliklerinin tam yoğun sinterlemesinde sinterleme çevrimleri 28
Şekil 7.3	M2'nin Sinterlenmiş mikroyapısı üzerinde karbon içeriğinin etkisi(Klar,1990)30
Şekil 7.4	Sinterlenmiş M2 çeliğinin karbid morfolojisi üzerinde %0.05 B'nin etkisi,(x250)(Klar,1990) 31
Şekil 10.1	P-Levyeli sıkma sisteminin şematik görünümü 44
Şekil 10.2	M Sıkma Sisteminin Şematik Görünümü..... 45
Şekil 10.3	S-Vidalı sıkma sisteminin şematik görünümü(Böhler,2003)..... 45
Şekil 10.4	Tornalama takımı bağlama sistemi 46
Şekil 10.5	Vibrasyon artışının, kesici uç eğimine etkisi 47
Şekil 10.6	Kenar boyutunun kesme derinliğine etkisi..... 48
Şekil 10.7	Çeşitli sıkma sistemlerinin gerçek kesme boyları(Böhler,2003) 49
Şekil 10.8	Uç genişliğinin kenar dayanımı ve güç serfiyatıyla ilişkisi 50
Şekil 10.9	Yüzey pürüzlülüğünün teorik hesabında kullanılan değerler..... 52
Şekil 11.1	İzotermal tavlama sırasında (1)1180°C, (2)1200°C sıcaklıkta sinterlenmiş malzemelerin yoğunluklarının yüzde değişimi(Baglyuk,2002)..... 55
Şekil 11.2	Sinterlenmiş ingotların yoğunluğunun (a), ve göreceli hacim büzülmesinin (b) 1180, 1200 ve 1220°C Sinterleme sıcaklıklarında başlangıç kompakt yoğunluğuna olan bağlılığı 56
Şekil 11.3	Konvansiyonel spreyleme (x600) ile elde edilen R6M5F3 düzeyinde yüksek hızlı demir tozlarının mikro yapısı..... 61

Şekil 11.4	Konvensiyonel olarak spreyleneş tozlardan yapılan HSS kompaktların mikro yapısı. Aralık -630+50µm, sinterleme rejimi: (a) 1180 °C, 30 dakika, (b) 1160 °C, 120 dakika, (c) 1180 °C, 120 dakika; Aralık -100+50 µm, sinterleme rejimi: (d) 1200 °C, 120 dakika, (e) 1220 °C, 120 dakika, (f) 1240 °C, 30 dakika. Büyütmeler. (a,b,c) 600; (d,e,f)900 63
Şekil 11. 5	Konvensiyonel spreyleme ile elde edilmiş R6M5F3 düzeyinde kompakt, yüksek hızlı çelik tozlarının DTA Eğrileri: Aralık (1) -160+50, (2) -630+50, (3) -630+315 µm (4) özel döküm..... 64
Şekil 11.6	Değişik yöntemlerle hazırlanan yüksek hızlı R6M5F3 çeliklerinin sıcaklık bağımlılıkları (1) Denprospetsstla Tesisi (2) Ukrayna Ulusal Bilimler Akademisi Malzeme Bilimi Konuları Enstitüsü, (3) Standart GOST 19265-7365
Şekil 13.1	Vickers sertlik ölçüm cihazı..... 72
Şekil 13.2	Magnetik sertlik (HC) ölçüm cihazı..... 72
Şekil 13.2	Sinterleme sonrası SB30 tozlarının mikro yapısı..... 73
Şekil 13.3	Sinterleme sonrası EB40 tozlarının mikro yapısı..... 74
Şekil 13.4	Sinterleme sonrası HB20 tozlarının mikro yapısı 75
Şekil 13.5	Sinterleme sonrası HB10 tozlarının mikro yapısı 75

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	Geleneksel Yöntemle Takım Çeliği Üretimi.....	6
Çizelge 3.2	Gaz ile atomize edilmiş yüksek hız takım çeliği tozlarının bileşimi	8
Çizelge 3.3	Yüksek hız takım çeliklerinin toz metalurjisi ile üretiminin akım şeması.....	8
Çizelge 7.1	Birkaç yüksek hızlı çelikte tipik sinterleme sıcaklıkları ve bileşimleri	29
Çizelge 8.1	Takım çeliklerinin ısıtılması.....	32
Çizelge 8.2	Yüksek hız takım çeliklerinin ısıtılması kaba talaş işlemi bitmiş parçalar	33
Çizelge 8.3	Sinterlenmiş yüksek hız çeliklerinde tuz banyosu sertleşmesinin tavsiye edilen koşulları	37
Çizelge 8.4	Ticari Sinterlenmiş M2, M35 ve T15 yüksek hız çeliklerinin tipik mekanik özellikleri	39
Çizelge 9.1	Frezeleme işlemlerinde karşılaşılan problemler ve çözümleri.....	41
Çizelge 9.2	Frezeleme terimleri ve formülleri	42
Çizelge 10.1	Tornalama işlemlerinde karşılaşılan problemler ve çözümleri(Böhler,2003)...	43
Çizelge 10.2	Kesme derinliğinin, ayar açısı ile gerçek kesme boyunun hesaplanması	48
Çizelge 10.3	Uç radiusuna göre maksimum ilerleme değerleri.....	51
Çizelge 10.4	İlerleme ve uç radiuslarına bağlı olarak bulunan R_{max} değerleri	53
Çizelge 11.1	R6M5F3 düzeyinde yüksek hızlı toz kompaktların 1180 °C'de 1 saat boyunca sıkıştırma ve topaklaştırma sonrasındaki özellikleri.....	62
Çizelge 12.1	Deneylerde Kullanılan Sert Metal Kesici Uçların Kimyasal Bileşim Çizelgesi	70
Çizelge 12.2	Deneylerde Kullanılan Sert Metal Kesici Uçların Kimyasal Bileşim Grafiği .	70
Çizelge 13.3	Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların sinter sonrası sertlik ve dayanım değer çizelgesi.....	76
Çizelge 13.4	Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların sinter sonrası sertlik grafiği ..	76
Çizelge 13.5	Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların sinter sonrası eğme dayanımı grafiği.....	77

ÖNSÖZ

Tezimi oluşturmamda büyük yardımlarını gördüğüm, deneysel çalışmalarda her türlü desteği esirgemeyen ve sonsuz sabırla benimle ilgilenen Sn.Kerim Ertuğrul'a, bilimsel araştırmalara yardımcı olan BÖHLER SERT MADEN ve TAKIM A.Ş.'ye ve bana firma bünyesinde deneysel çalışma yapabilme imkânını sağlayan Sn. Erdem Şireli'ye teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca olduğu gibi, yüksek lisans öğrenimim süresince de yanımda olan; sevgilerini ve desteklerini hep yanımda hissettiğim babama ve ağabeyime teşekkür ederim.

Bu tezi hazırlamamda her an yanımda olan ve bana destek veren Yük. Müh. H.Derya Afacan'a teşekkür ederim.

Üniversite hayatımın her anında, lisans ve lisansüstü eğitimim süresince sonsuz bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, sonsuz sabırla bana destek veren, değerli hocam Prof. Dr. Adem Bakkaloğlu'na teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

ÖZET

Kesici takımlar, sert metallerin şekillendirilmesinde kullanılan, yüksek kaliteli, hassas boyuta sahip, ileri teknoloji malzemeleridir. Kesici takım uçlarının üretimi sırasında takımın kullanılacağı şartlar, malzeme seçiminde önemli yer tutar. Kesici takım malzemelerinden beklenen ortak özellikler; sertlik, aşınma dayanımı, meneviş kalıcılığı, tokluk ve ekonomikliktir. Yüksek hız takım çelikleri sinterleme mekanizmaları, difüzyonun sağlanması için önemli bir parametredir. Bu yüzden kontrollü bir sinterleme ile istenilen mekanik değerler elde edilir. Isıl işlemler ile parça istenilen en iyi mekanik özelliklerine ulaşmış olur. Son olarak da kimyasal kaplama işlemleri ile nihai parça üretilmiş olur. Uygun takım malzemeleri veya kesici takımların kullanıldıkları ortamdaki malzeme ile temaslarında yükselen sıcaklıktan etkilenmemeleri sağlanabilir. Bu sayede daha uzun kullanım ömrü ile ekonomiklik de sağlanmış olur.

Bu çalışmada takım çeliklerinin geleneksel yöntemle ve toz metalurjisi yöntemiyle üretim prosesleri hakkında bilgi verilmiş; proseslere etki eden faktörler incelenmiştir. TM ile üretilen parçaların mikro yapıları, proses ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri gözlemlenmiştir. Çeşitli kesici uçlar incelenmiş, bileşimin ve ısıl işlemlerin parçanın mekanik özelliklerine etkileri deneysel verilerle desteklenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Yüksek hız takım çeliği, sert metal, sinterleme, kesici takım

ABSTRACT

Cutting tools are the high technology materials, which are used for forming the hard metals that have high quality and high precision in dimension. During the producing of cutting tools, the atmosphere of the working area is very important to choose the correct material. The common properties that are waiting from cutting tools are; hardness and red hardness, wear resistance, toughness and economical cost. Sintering mechanism of high speed steels is the most important parameter for the diffusion. Therefore, the mechanical values those are expecting from the materials can be obtained by controlled sintering. The tool is obtained the best mechanical properties by the heat treatments. Finished tool is obtained after the last step, CVD, treatments. Choosing of correct tool steels and cutting tools can protect the effects of high temperature due to friction. This will make the tools life longer and by the way economic cost can be obtained too.

In this study, production method of the cutting tools by PM method and conventional method were given; the facts which affects the processes were examined. The microstructure of the samples, process and mechanical properties of them were observed which produced by PM. Various cutting tools were examined, the mechanical properties of the compounds and heat treatments were backed up with the experimental results.

Keywords: High speed tool steels, hard metal, sintering, cutting tool

1. GİRİŞ

Takım elikleri talaşlı ve talaşsız imalatla kullanılan, soğuk veya sıcak haldeki iş parçasını kesme, dövme ve sıkıştırma yöntemlerinden biri veya birkaçı ile biçimlendirilen yüksek nitelikli çeliklerdir. Sinterlenmiş karbürden mamul sert plaket kesici takımlar ise yüksek hızda kesme işlemlerinde kullanılan kesici takımlardır. Bunlardan beklenen genel özellik, soğukta ve sıcakta (600°C 'ye kadar) kesme sıvısı kullanmaksızın formunu koruma, yani kesicilik zelliliğini kaybetmemesidir. Bu amaçla öncelikle sertliğini koruması istenir. İkincil olarak çalışma koşulları göz önüne alındığında darbelere veya titreşimli koşullara karşı dayan başka bir deyişle tokluk özellikleri aranır.

Temel alaşım elementleri W, Mo, V ve Co'dur. Kullanım yerleri; tüm kesici takımlar (matkap uçları, torna kalem, freze bıçakları, planya kalem, rayba, kılavuz takımları vb.).

Kesici sert metaller geleneksel yöntemle ya da toz metalurjisi yöntemi ile üretilirler. Toz metalurjisi ile üretimde geleneksel yöntemle elde edilmesi mümkün olmayan karmaşık şekilli parçaların da yüksek saflıkta üretimi mümkündür. Toz metalurjisi yöntemi ile üretimde parçanın preslenmesi, sinterlenmesi ve ısıl işlemler görerek kullanıma hazır hale gelmesi esastır.

Günümüzde sert metallerin toz metalurjisi yöntemiyle üretilmesi mekanik özellikleri geleneksel yöntemden daha ileri bir noktaya taşımıştır. Esnek retim kolaylığı, üretimin her an kontrol edilebilir olması ve parçaların dayanımlarının geleneksel yöntemden zaman zaman iki kat daha iyi sonuçlar vermesi toz metalurjisini sert metal üretiminde bir adım ne çıkarmaktadır.

2. TOZ METALURJİSİ

2.1. Toz Metalurjisi Nedir?

Teknolojinin ilerlemesi ile toz metalurjisinin önemi günden güne artmaya başlamıştır. Özellikle ingot döküm ile istenen şekle getirilemeyen ve plastik şekil verme ile yeterince iyi özellikler elde edilemeyen malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır.

Toz metalurjisinin amacı; metal ve metalsel alaşımların tozlarını ergitmeden, basınç ve sıcaklık yardımıyla, dayanıklı cisimler haline getirmektir. Sinterleme denilen bu işlem, ergitmenin yerini tutmakta ve kullanılan metal tozunun ergitme sıcaklığının altında bir sıcaklıkta işlem yapılmasıdır. Ergitme sıcaklığı yüksek olan metallerin üretiminde kolaylıklar sağlamaktadır. Ayrıca dökümdeki oksidasyon, segregasyon, gaz absorpsiyonu, yüksek yoğunluk farkından dolayı alaşım güçlükleri gibi birçok sorun, toz metalurjisi yönteminde ortadan otomatik olarak kalkmış olur.

Toz metalurjisi, dökümle karşılaştırıldığında; kalite, tolerans kontrolü, aşınma dayanımı bakımlarından daha üstün bulunmakta ve birçok döküm hatalarını ortadan kaldırmaktadır. T/M parçalarında çok daha az mekanik talaş kaldırma işleminin bulunması talaş ve hurda kaybını da minimuma indirmektedir.

Toz metalurjisinin en önemli avantajı değişik bileşiklerden ya da büyük fiziksel farklılıklar gösteren elementlerden malzeme üretilebilmesidir. Günümüzde en büyük dezavantajı göreceli olarak değerlendirilebilecek olan yüksek maliyetidir. Parça boyutunun ve ağırlığının sınırlı olması da göz önüne alınması gereken diğer bir dezavantajdır(Bakkaloğlu,2000).

2.2. Toz Metalurjisi Yöntemi İle Parça İmalat Yöntemi

Toz metalurjisi ile parça üretimi, metal tozlarının preslenmesi, sıkıştırılması ve elde edilen parçaların uygun sıcaklıkta ve redükleyici bir atmosferde fırınlanması ile sağlanır. Klasik olarak toz metalurjisi üretim aşamalarını dört adımda inceleyebiliriz. Bunlar;

- 1) Toz karışımı hazırlama
- 2) Presleme

3) Sinterleme

4) Kalibrasyon

olarak tanımlanabilirler.

İlk olarak, önceden saf veya alaşımlı olarak üretilen metal tozları harmanlanır, istenilen kimyasal kompozisyon elde edilir. Bu harman iyice karıştırılıp homojen bir karışım elde edilir. Bu karışımın hazırlanması sırasında kalıp ömrünü arttırıcı yağlar da kullanılır. Presleme prosesindeki ikinci adımdır. Burada yüksek basınçla tozlar sıkıştırılırlar. Bu sıkıştırma zaman zaman doğrudan elde edilmek istenen parçanın şeklini verecek şekilde, bazen de büyük bir parça şeklinde olur. Bu büyük tek parça önsinterden sonra şekil almaya hazırlanır. Pres sonrası malzeme sertliği çok da fazla olmadığı için dikkatle muhafaza edilmelidir. Fırınlama sırasında sıkıştırılan parçalar özel fırınlarda sinterlenerek dayanım kazanırlar. Bu sinterleme kontrollü atmosferde gerçekleşir. Sinterlemeden sonra çeşitli nihai işlemler gerçekleştirilir. Bu işlemlere kaplama, taşlama, bileme örnek olarak gösterilebilirler.

Özellikle hassas ölçü gereken parçalar da tolerans aralığı çok düşüktür. Bu yüzden yağlama ile bir kalibrasyona tabi tutulur. Sinter malzemelere diğer yöntemlerle elde edilen parçalara uygulanan tüm ısıl işlemler uygulanabilir(Bakkaloğlu,2000).

3. TAKIM ÇELİKLERİNİN ÜRETİMİ

3.1. Takım Çeliklerinin Geleneksel Yöntemle Üretimi

Takım çeliklerinin üretimi sırasında genellikle elektrik ark fırınları ile indüksiyon fırınları kullanılmaktadır. Elektrik ark fırınları bu üretimin yaklaşık %90'lık kısmını kaplamaktadır. Çok az da olsa vakum ark ve elektrik cüruf ergitmesi yöntemleri de kullanılmaktadır.

Takım çeliği önce istenilen uygun kimyasal bileşime ulaştırıldıktan sonra ingotlar halinde dökülürler ve daha sonra haddeleme ve dövme işlemleri ile şekillendirilip, tavlama işlemi ile nihai yapılarına ulaşırlar.

Yüksek hız takım çeliklerinde ise alaşım elementlerinin çokluğu dolayısıyla bu üretim sonrası işlemler, sıcak halde gerçekleştirilir. Yani kısaca sıcak haddeleme ve dövme yapılır.

Üretim aşamaları çok fazla ve karmaşıktır. Her aşamada kontrol altında tutulması gerekmektedir. Bu sebepten ötürü üretim esnasında istenmeyen hataların oluşma ihtimalleri yüksektir. Bu hataların en sık rastlananları; yoğun primer karbürler ve döküm boşlukları, metalik olmayan S ve oksit türü kalıntı ve empüriteler, haddeleme ve dövme esnasında oluşan mekanik segregasyon, mekanik ev ısı işlem sırasında oluşan çatlaklar ve dekarbürizasyon olarak belirtilebilir(Çep,1993).

3.2. Yüksek Hız Takım Çeliklerinin Geleneksel Yöntemle Üretimi

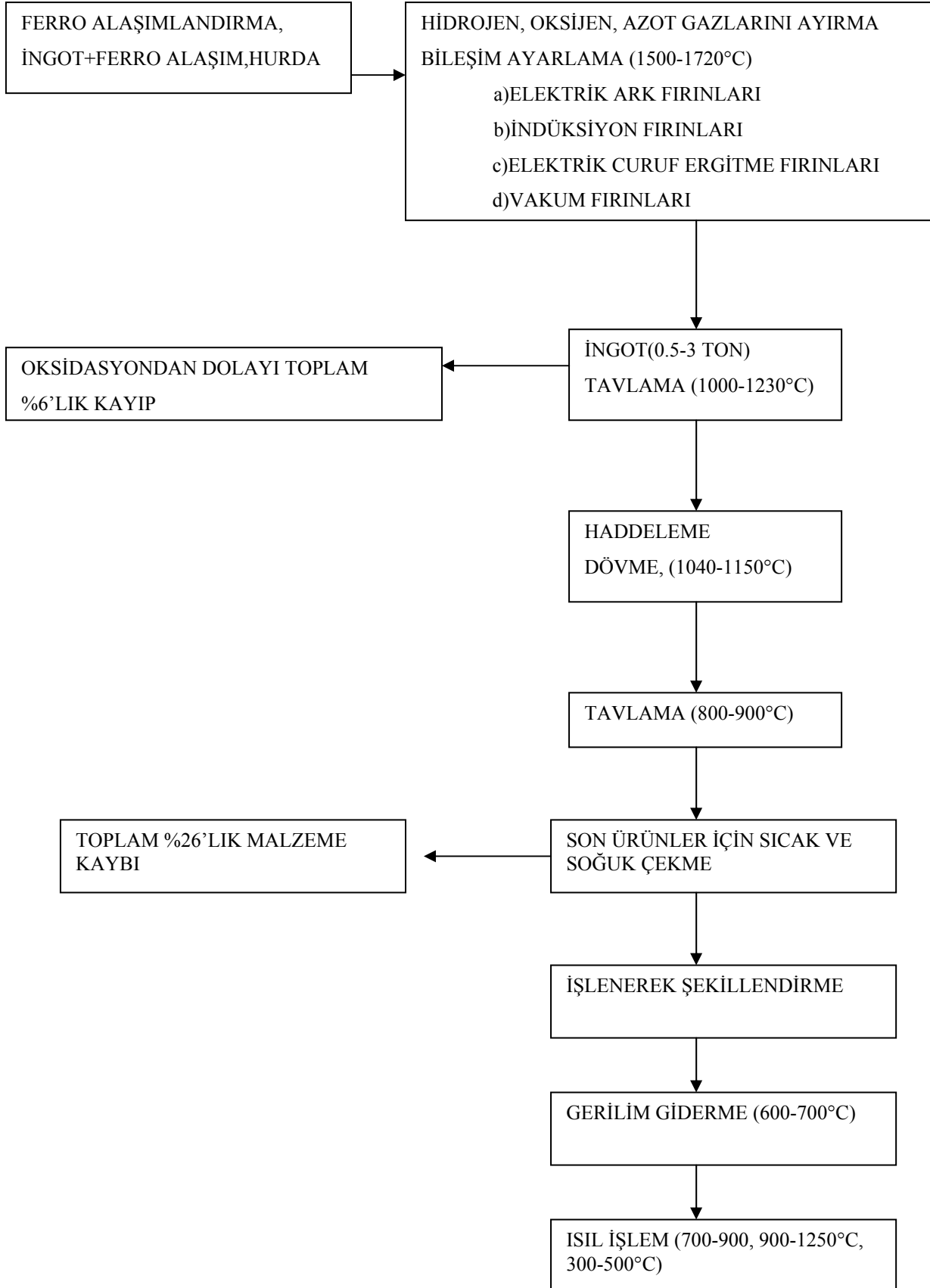
Tüm takım çeliklerinin üretimi hemen hemen aynı prosesi içermektedir. Büyük bir kısmı elektrik ark fırınlarında, bir kısmı ise indüksiyon fırınlarında üretilirler. Takım çeliği önce uygun kimyasal bileşime ulaştırılır, daha sonra da ingot olarak dökülür. Sıcak haddeleme veya bazen soğuk haddeleme yapıldıktan sonra da tavlama işlemleri ile son hale getirilirler. Yüksek hız takım çelikleri yüksek alaşım elementlerinden dolayı sıcak olarak haddelenir. Bunun nedeni haddeleme sırasında yüksek kuvvetlere gereksinimin kalmamasını sağlamaktır. Üretim aşamaları çok karışık ve her adımda kontrol gerektiren parametrelerden oluşmaktadır. Bu nedenle istenmeyen hatalara sıklıkla rastlanmaktadır(Çep,1993).

Bu hataların en önemlileri;

- Yoğun primer karbürler ve döküm boşlukları
- Metalik olmayan kükürt ve oksit türü kalıntı ve empüriteler
- Haddeleme ve dövme esnasında oluşan mekanik segregasyon
- Mekanik ve ısı işlem esnasında oluşan çatlaklar ve karbürizasyon olarak sayılabilir.

Bu kuramsal kısım sinter karbür kesici takımlarının mukayese edilmesi bakımından verilmiştir. Bu görüntü üretim prosesi açısından Çizelge 3.1’de akış diyagramı ile verilmiştir.

Çizelge 3.1 Geleneksel Yöntemle Takım Çeliği Üretimi



3.3. Yüksek Hız Takım Çeliklerinin Toz Metalurjisi İle Üretimi

Geleneksel metalurjik yöntemlerle meydana gelen mikroyapı hatalarından kurtulmanın yollarından birisi de toz metalurjisi ile üretim yapmaktan geçmektedir. Toz metalurjisi ile üretim, uygun toz üretimi ile başlar. Üretilen bu tozlar alaşımlandırılarak yaş olarak şekillendirilir ve sinterleme işlemlerine tabi tutularak sertleştirilir.

Yüksek hız takım çeliği tozları genellikle hammaddelerden veya hurdalardan indüksiyon ergitme ile gaz atomizasyonu teknikleri kullanılarak üretilir. Su püskürtülerek atomize edilen tozlar daha sonra oksit giderme işlemine tabi tutulurlar. Yüksek hız takım çeliği tozları atomize sonrası 3000ppm’lik oksijen içeriği 1000ppm’e düşürülmüş olur. Su ile atomize edilen tozlar şekilsiz ve yüksek oksijen içeriğine sahip malzemelerdir. Sıkı paketlenme ve ya presleme özelliklerini geliştirmek için uygulamada vakumda oksit giderme işleminden sonra tavlama yapılmaktadır.

Oksit giderme işlemlerinde oksijenli indirgeyici olarak C kullanılırken, Hidrojen de kullanılabilecek diğer bir alternatiftir. 1000°C’de indirgenen toz parçacıkları 600°C sıcaklığa kadar oldukça yavaş soğutulduktan sonra oda sıcaklığına kadar hızlıca soğutulabilmektedirler. Tavlama işlemi sonrasında sertlik yarıdan fazla (700HV’den 300HV’ye) düşmektedir. Bu da şekillendirilebilirliği arttırmaktadır..

Gaz ile atomize edilen çelik tozlarının küresel şekle sahip olması sinterleme esnasında daha iyi bir paket oluşmasının yanı sıra 200ppm’in altında oksijen içermesi de önemli avantaj sağlamaktadır. Tozun Oksijen içeriği yanında S, P gibi diğer empüritelere de temizlik açısından büyük avantaj sağlaması dikkat edilmesi gereken bir özelliktir.

Tam yoğunluğa ulaşma esnasında yapıda bulunan Mo, V ve W gibi kararlı karbür yapıcılar olduğu ve buna sıvı faz sinterlenmesi ile ulaşılabilirdiği görülmüştür. Bu alaşım elementlerinin bileşim içerisindeki dağılımları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Tam yoğunluğa ulaşma sırasında yaş yoğunluk, sinterleme sıcaklığı ve süresi, kimyasal bileşim, gözeneklilik, tane boyutu ve dağılımı gibi etkin süreç parametreleri vardır(Çep,1993).

Yaş şekillendirilmiş parçalar sinterleme sıcaklığına oldukça yavaş çıkarılmaktadır. Bu nedenle kullanılan vakum fırınlar oldukça uzun yapılmışlardır. Yaş şekillendirilmiş parçalar

oksit giderme aşamasında 0.5-5.5°C/dak. hızla ısıtılmaktadır. Oksit giderme işlemi tamamlandıktan sonra sinterleme kademesine düşük ısıtma hızları ile çıkılmaktadır. Böylece amaçlanan teorik yoğunluğun %98'ine ulaşılmaktadır. Durum akış şeması biçiminde Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Sinterleme aşamasında sıvı fazın oluşumu, üç aşamada gerçekleşir. Bunlar;

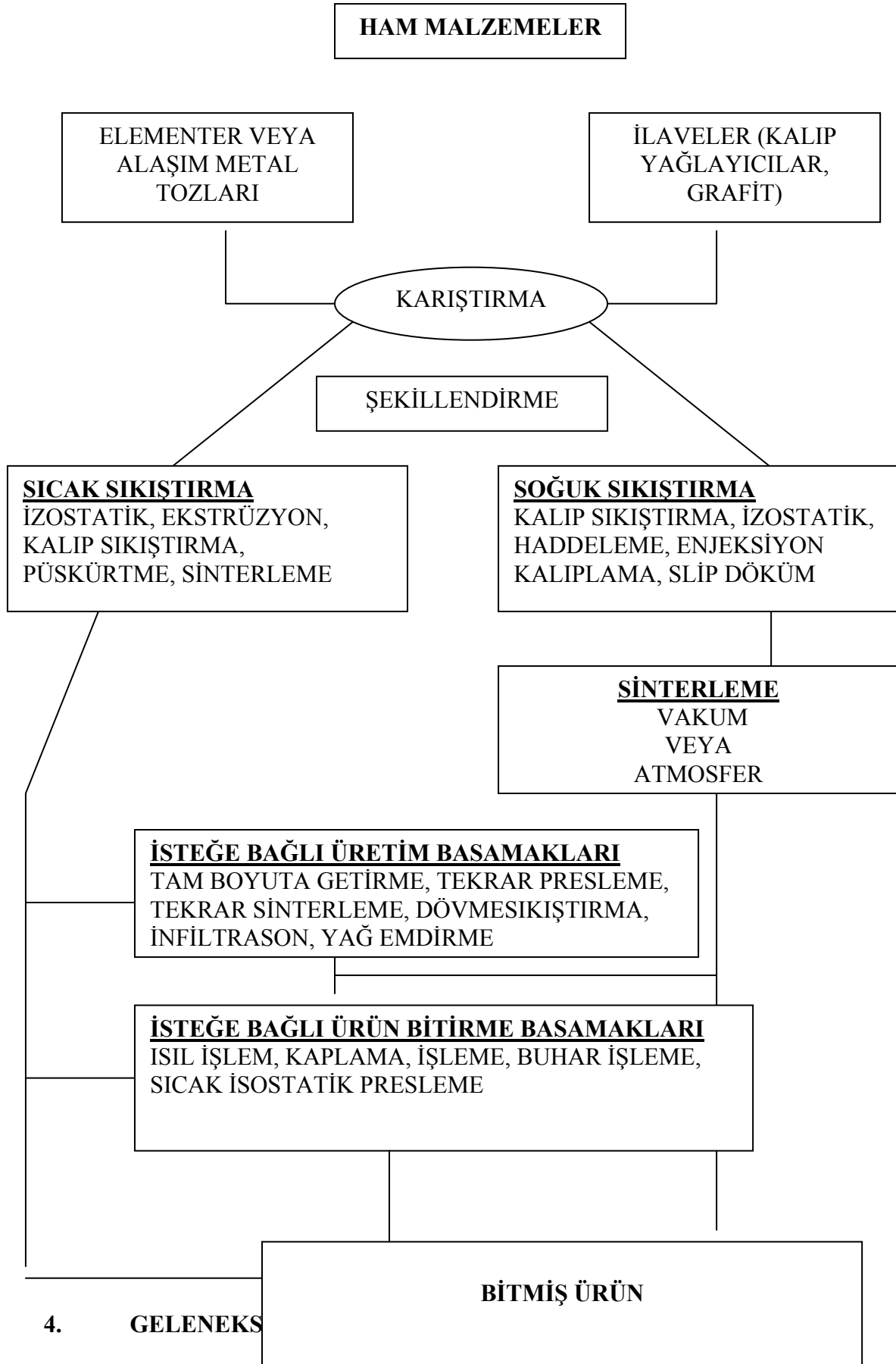
- Yeniden düzene girme
 - Eriyik oluşturma ve yeniden çökelme
 - Katı halde yayınma
- safhalarıdır.

Yüksek hız takım çeliklerinde sıvı faz sinterlemesi için yapılan çalışmalarda, yoğunlaşmanın, yeniden düzene girmesi esnasında gerçekleştiği görülmüştür. Burada tanelerin kısmi erimesi ile deforme olmasından dolayı taneler yüzey enerjilerini minimum yapmakta böylece yoğunluk artışı sağlanmaktadır. Eriyik ve yeniden çökelme aşaması yüksek hız takım çeliklerinin sinterlenmesinde önemli olmamakla beraber W gibi ağır alaşımların sinterlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Yüksek hız takım çeliklerinde oluşan sıvı fazların bileşimi katı faza yakın, diğerlerinde ise oldukça farklıdır. Burada karbürlerin ve tanelerin büyüme hızına göre oldukça yüksektir. Bu nedenle sinterleme esnasında tane büyümesi gibi istenmeyen oluşumların meydana gelmesi, tam yoğunluğa ulaşmak ve optimum mikro yapılar elde etmek için sinterleme sıcaklığı ve süresi dikkatli seçilmelidir.

Çizelge 3.2.Gaz ile atomize edilmiş yüksek hız takım çeliği tozlarının bileşimi

BİLEŞİM,%	M2	M3	M4	T15
C	0,85	1,20	1,10	1,60
Cr	4,15	4,10	3,75	4,40
W	6,30	6,00	1,50	12,50
Mo	5,00	5,00	9,50	
Co	1,85	3,00	1,15	
Fe	kalan	kalan	Kalan	kalan

Çizelge 3.3 Yüksek hız takım çeliklerinin toz metalurjisi ile üretiminin akım şeması



Takım eliklerinin geleneksel üretim teknolojisi ingot döküm ve arkasından yapılan termo mekanik işlemlere dayanır. Soğuk iş takım çeliklerinde geleneksel metalurji ile gerçekleştirilebilecek üretim belirlir sınırları vardır.

Kimyasal bileşimin oluşturulması sırasında alaşımlamanın belli bir oranın üzerinde mümkün olmayışı, karbür dağılım homojenliğinin sınırlarının belirli değerleri geçememesi ve yapısal temizlik sınırları bu sınırların en dikkat çekici olanlarıdır(Ding,2001).

Bu sınırlarının aşılması için TM ve püskürtme biriktirme (spreying forming) kullanılmaktadır. Bu yeni çalışma yöntemlerinin yanında geleneksel yöntem de bu konuda gelişmeler göstermeye başlamıştır. Bu gelişmelerinin en önemlilerinden birisi de yatay sürekli döküm teknolojisidir. Böhler tarafından geliştirilen yöntemde 1.2080 (X210Cr12) gibi soğuk iş takım çeliklerinin karbür dağılımında iyileştirmeler rapor edilmiştir.

Basınçlı Curuf Ergitme (PESR) de aynı şekilde Böhler tarafından geliştirilen bir başka yöntem olup aşınma direncini arttırmak için %6N elik içine sokulmaktadır. Bu uygulama daha çok martenzitik çeliklerde olup, yüksek N katkısı, aşınma direncini arttırırken korozyon direncini düşürmeme hedefine yanıt vermektedir.

4.1. Genel Olarak Takım eliklerinden Beklenen zellikler

Takım çeliklerinden beklenen en temel özellikler şunlardır;

- Yüksek sertlik ve aşınma dayanımı
- şekillendirilebileceği malzemeden daha dayanıklılık ve sertlik
- Sertleşebilirlik
- Normal ve yüksek sıcaklıkta kesicilik kabiliyetini uzun süre koruma
- Ani darbelere ve titreşimlere karşı dayanıklılık
- İyi tokluk değerleri
- Korozyon dayanıklılığı
- Isıl şoklara karşı dayanıklılık
- Yalnızca oda sıcaklığında değil, işleme sıcaklığında da takım iş parçasından daha yüksek sertlik(zdemir,2000)

- Aralıklı kesme işlemlerinde(frezeleme) görülen mekanik şoklardan (darbeli yüklemekten) sonra işlevini yürütebilmesi için yeterli tokluğa sahip olmak (çünkü takımlarda, sert fazlar içeren parçaların talaşlı işleminde dahi mekanik şoklar meydana gelebilir.)
- Takımlar, aralıklı kesme işlemlerinde hızlı ısınma ve soğuma meydana geldiğinden yüksek termal şok direnci (yetersiz olan tokluk ve termal şok direnci, takım ucunda küçük parçaların kopmasına ve hatta takımın kırılmasına neden olur.)
- İş parçasına düşük yapışma. (düşük sertlik ve iş parçasına yüksek yapışma, takım şeklinde distorsiyona, takım burnunun kütleşmesine, serbest yüzey ve krater şeklinde takım aşınmasına neden olduğu için istenmez.)
- İş parçası malzemesinde, takım malzemesinin difüzyonu ile hızlı aşınma meydana gelir; bu nedenle iş parçası içinde takımın çözünürlüğünün düşüklüğü önemlidir (Ahlatçı,1998).

5. SERT METAL TOZLARININ ÜRETİLMESİ

Bu tozlar çoğunlukla kesici takımlar gibi sert metallerin üretiminde kullanılırlar. Bu tozlar;

Metalkarbür (MC)

Metalnitür (MN)

Metalbromür (MB)

Metalsilizit (MSi)

tozlarıdır.

Avrupa’da sert metal adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemeleri kobalt olan WC, TiC ve TaC karbürlerinden sinterleme yoluyla elde edilen malzemelerdir. Bu işlemde W, Ti ve Ta karbürlerine, toz haline getirildikten ve istenilen oranda karıştırıldıktan sonra preslerde yaklaşık 4000-5000atm. basınç altında ön şekil verilir. Daha sonra elektrik ark fırınlarında 900-950°C sıcaklıkta önsinterleme yapılır, buradan çıktıktan sonra taşlama yoluyla son şekil verilir ve 1400-1600°C’de nihai sinterleme yapılır. Çok sert, yükek sıcaklığa ve aşınmaya dayanıklı, yüksek çalışma sıcaklığı ve kesme hızına sahip bu malzemeler günümüzde gittikçe daha çok kullanılmaktadır(Bakkaloğlu,2005).

Sert metal tozlarının üretiminde öncelikle üretilmek istenen toz karışımının ayarlanması gereklidir. Toz karışımının içerisinde bulunan Co, TiC, TaC, NbC gibi alaşım elementleri üstün mekanik özelliklerinin kazanımında ve malzemenin üretimi aşamasında şekillendirilmesinde önemli yer tutmaktadır. Üretilen metal tozları karıştırıcılar yardımıyla homojen bir yapı haline getirilir. Üretim esnasında su ile atomize edilen bu tozlar koruyucu atmosferde kontrol altında tutulurlar. Bunun nedeni oksitlenmenin istenmemesidir. Daha sonra cidarlara çarpan tozların incilmesi veya küçülmesi ile tozlar istenen boyuta ulaşırlar. Bu sırada 0.5-0.1 mikron aralığında eleklerden geçirilerek istenen tane boyutu sağlanmış olur. Elde edilmiş olan toz karışımının en önemli tarafı her tarafında homojen bir yapıya sahip olması ve de inceliğinden dolayı kalıbın her yerine rahatça akabilecek ya da kayabilecek özeliğini korumasıdır. Böylece en sivri uçlara dahi ulaşmak ve parçanın şeklinde hassasiyeti sağlamak mümkün olacaktır. Bu karışım daha sonra soğuk preslemeye tabi tutulur. Burada iki seçenek vardır. İstenen malzemenin kalıbı hazırlanarak üretim yapılabilir ya da önce toplu bir pres yapıp daha sonra bu toplu presten elde edilmiş olan kalıp önsinterlemeye sokulup elde

edilen yapı kesilerek ya da torna ve freze kullanılarak istenilen şekil verilebilir. Şekil verildikten sonra sinterleme işlemi uygulanır. 1500°C gibi bir sıcaklıkta malzeme yaklaşık olarak 1 gün süre ile sinterlenir. Sinterleme işleminden sonra taşlama ve bileme işlemleri ile yüzey istenilen nihai şekle yaklaştırılır. Burada elde edilen parça son olarak kaplama yapılarak kullanılacak hale getirilir.

Atomizasyon ile toz elde edildikten sonra, istenilen toz üretimine başlanır. Burada kullanılan tozların sürekli kontrol altında tutulabilmesi için toz bileşiminin takibi gereklidir. Sahip olunan toz bileşimi ile elde edilecek parçalar bellidir. İstenen WC'e alaşım elementleri eklenip sertliği ve mikro yapısıyla oynanabilir. Soğuk pres tozun bir araya getirilip sinterlemeye hazırlanmasını sağlayan aşamadır. Soğuk preste kısaca iki erkek kalıp arasına sıkıştırılmak üzere toz koyulur. Bu sırada alt erkek kalıp alt taraftaki dişi kalıbın içine girer. Bu esnada dişi kalıp dış sınırları belirlemiş olur. Böylece yapıda tozlar birleşmeye başlarlar. Soğuk pres ile doğrudan elde edilen parçalar ikinci bir şekil vermeye ihtiyaç duyulmayacağı ve de büzülme oranı belirli olduğu için doğrudan sinterlemeye alınır. Bu sinterleme esnasında tekrar bir önsinterlemeye tabi tutulan parça üretime devam eder.

Ancak parçanın üretilmesi için kalıp kullanılmayan durumlarda (ki bu durum zaman zaman maliyet açısından zaman zaman da istenilen farklı malzemelerin tek bir anda üretim isteminden dolayı gereklidir) önce soğuk pres yapılır. Soğuk pres sırasında parçanın kazandığı sertlik ancak şekil verilmesini sağlayacak bir değerdir. Önsinterleme metalin ergime sıcaklığının yaklaşık dörtte birinde gerçekleşir. Önsinterlemeden sonra torna ve frezelerin yardımıyla parça istenilen şekle getirilir. Tornada kullanılan parçalar da yine daha önceden elde edilmiş olan sert metallerdir. Pres sırasında uygulanan basma kuvveti yaklaşık santimetrekareye bir ton civarındadır. Pres ve şekil verme işlemlerinden sonra hazır olan parça sinterlenmeye başlar. Sinterleme yaklaşık 20 saat civarında süren bir işlemdir. Burada kademeli sinterleme yapılır. Kademeli sinterleme yapılmasının nedeni iç gerilmeleri azaltmak ve sinterleme esnasında bağ oluşumlarını homojen şekilde sağlamaktır. Sinterleme yapılacak olan fırına parçalar belirli şekilde dizilerek konduktan sonra fırının kullanıma hazır hale getirilmesi gereklidir. Önce azot ile temizlenen fırına daha sonra hidrojen gazı verilir ve ortamdaki oksijen ile hidrojen yakılarak oksijen tüketilmiş olur. Böylece sinterleme esnasında redükleyici atmosfer de sağlanmış olur. Sinterleme işlemi yaklaşık olarak 1500°C'de gerçekleşir. Sinterlemede parça önce belirli bir sıcaklığa kadar hızlı ısıtılıp, daha sonra belirli bir süre beklenir. Daha sonra sinter sıcaklığında bir saat beklenip, önce fırında daha sonra ani

havada soğutma ile sinterleme işlemi tamamlanmış olur. Etafaz denilen C azlığı gibi bir durumla karşılaşıldığında da HIP fırını ile C porozitesi kaldırılmış olunur. Sinterleme işleminden sonra taşlama denilen işleme geçilir. Taşlama işleminde iki döner disk arasında parça BC ile aşındırılır. Hepsi aynı boyuta getirilir.

Daha sonra istenilen ölçü kenarlarından verilmiş olan malzeme yine elmas disk ile binde hassasiyete kadar kullanılacak hale getirilir. Yan tarafı bilenirken özellikle elmas emdirilmiş, sinterlenmiş, preslenmiş malzeme kullanılmaktadır. Taşlama işleminden sonra kenar yuvarlama işlemi gerçekleştirilir. Bunun nedeni kenar yuvarlama ile keskin uçlardan kurtulup malzemenin kolay kırılmasını engellemek ve de malzeme ömrünü arttırmaktır. Bu esnada fırçalama denilen bir işlemle mekanizma gerçekleştirilir. Bütün işlemler tamamlandıktan sonra kimyasal kaplama yapılır. Kimyasal kaplama sırasında WC alaşımının üstüne öncelikli olarak TiCN, son olarak da TiN çökertilir. TiCN kullanılmasının nedeni çok iyi yüzeye tutunması ve iyi kaplama malzemesi olması, TiN kullanılmasının nedeni ise gerek dış güzelliğin gerekse sağlamlığın perçinleştirilmesidir(Habalı,2005).

Üretim esnasında toz bileşiminde kullanılan alaşımların çeşitli etkileri vardır. Bunlardan Co, bağlayıcı olarak görev yapar. Taneleri birbirine bağlar, ve bileşimde önemli yeri vardır. Sinterleme sırasında yaklaşık 1100°C sıcaklığa ulaşıldığında yüzeye çıkar, homojen olarak dağıldığı yapının içinde eriyik hale geçer. Ancak ortam vakumlandığı için kayıp minimumda tutulmuş olunur. TiC aşınmaya karşı konulan bir alaşım elementidir. Serbest yüzey aşınmasına karşı dayanıklılık sağlar. TiN talaş yüzey aşınmasına karşılık kullanılan bir alaşım elementidir. Ayrıca kaplama sırasında da kullanılır. NbC, TiC ya da TiN yerine kullanılan bir malzemedir.

5.1. Tozun Elde Edilmesi

Sert metal imalinde kullanılan Co tozu genel olarak pulverizasyon ile elde edilir. Bu yöntemde sıvı metal dar bir püskürtücüden fışkırtılarak hidrojen ortamında soğutulur. Bu işlem vakum altında yapılır. Çok kısa zamanda çok yüksek basınca çıkıldığından bir yüksek basınç ventili ile emniyete alınır. Tanelerin şekli ve büyüklüğü verilen gaz miktarı ile ayarlanır.

Başka bir yöntem de Co eriyiğinin hızla dönen bir diskin(genellikle ısıl iletkenliği yüksek olan bakır) üzerine dökülmesidir.

Metal karbürler ise metalin oksit halinin grafit veya kurum sonucu redüksiyonu sonucu elde edilir(Gürmen,1993).

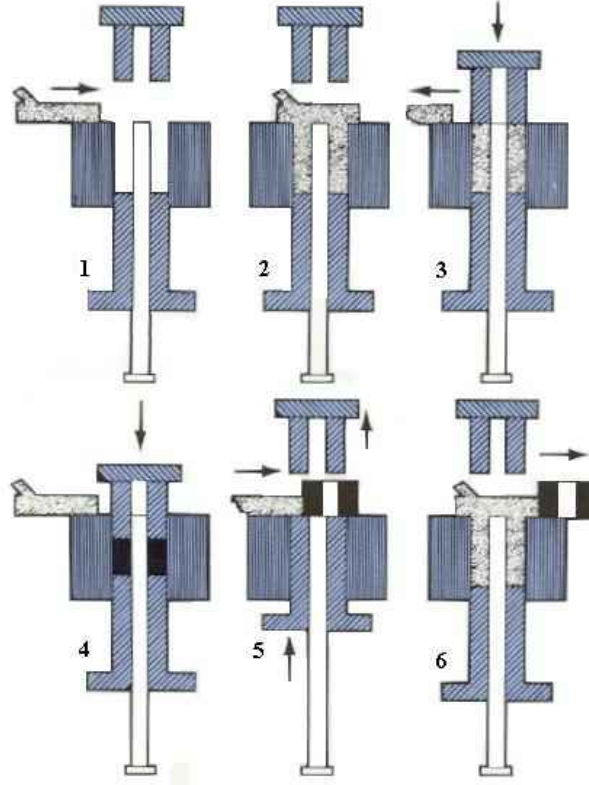
5.2. Karıştırma

Yapılmak istenen karışım tozları çok az bir karbon fazlası ile belirli oranlarda ayrı ayrı konarak son bir kontrol tartısına konur. Daha sonra bilyeli karıştırıcılara yollanır. Atritör yardımıyla karıştırılan tozun içerisine aseton ve parafin eklenir. Buradaki amaç tozların birbirine yapışmasını sağlamak ve presleme esnasında iki yönden gelen basıncı hidrostatik olarak dört yöne dağıtmaktır. Aseton da parafini eriterek yüzeyi büyötmektedir.

Karıştırma işlemleri 100d/dk. hızla yapılmaktadır ve 10 saat sürmektedir. Isı artışı su ile azaltılmaktadır. Son 1 saatlik süreçte su verilmesi kesilir, böylelikle aseton ortamdan uzaklaştırılmış olur. Daha sonra karışım kurutulmak üzere pervaneyle püskürtölür. Burada 100°C sıcaklıkta N gazı verilmektedir. Toz çıktığı andan düşüşe başlayacağı ana kadar kurumasıdır. Son olarak tozlar 1 saat süreyle kurumaya bırakılır. Toz şeklinin küresel olması istenmektedir. Ancak bu şekil zaman zaman köşeli, dendritik veya üçgen şekilde de olabilir. Bu durum da tozun kalitesini belirlemektedir(Bakkaloğlu,2000).

5.3. Sıkıştırma (Presleme)

Tozun sıkıştırılarak belirli bir yoğunluğa getirilme işlemidir. Mekanik ve hidrolik presler kullanılarak presleme yapılabilir. Kullanılan kalıplar çelik ürünleridir. Parçalara uygulanan basınç 1-10ton/cm² arasında değişir. Parçalar genellikle bloklar halinde basılır. Preslenmiş parçalar yumuşaktırlar, parafini çözmek ve parçacıkları bağlamak için önsinterleme yapılır.



Şekil 5.1 Sinterleme öncesi sert metal tozların preslenmesi

5.4. Önsinterleme

Buradaki amaç parçalara kısmi sertliğin verilmesi (tebeşir kıvamında), presleme işleminden sonra bünyedeki parafinin alınmasıdır. Önsinterleme iki çeşit fırında yapılır. Bunlar;

Vakumlu fırınlarda önsinterleme: Vakumlu fırınlarda ön sinter için parçalar grafit levhalar üzerinde fırına verilirler. İlk 400°C 'ye gelinceye kadar tozlarda kalın son aseton ve parafin emilerek alınır. $400-800^{\circ}\text{C}$ arasında az bir difüzyon sonucu kısmi sinterleme görülür. 800°C 'ye çıkış süresi yaklaşık 8 saattir. Bazen bu sıcaklık $900-1000^{\circ}\text{C}$ olabilir. Daha sonra 1 saat kadar fırında bekletilir ve soğutulur.

Hidrojen ortamında önsinterleme: Sinter ve önsinter işlemleri esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan biri oksidasyondur. Bunun için sinterleme hidrojen atmosferi

altında yapılabilir. Fırında kullanılan hidrojen gazının debisi 0,3-0,6 Nm³/h değerindedir. Burada hidrojen gazı parafini taşımakta ve oksidasyonu önlemektedir.

Önsinterden alınan parçalar kesme işleminden sonra gerekirse son sinterlemede oluşan kendini çekme yüzünden yaklaşık %20 ölçü fazlasına talaşlı işlenir.

5.5. Sinterleme

Sinterleme; preslenmiş toz malzemenin şeklini bozmadan sıkıştırılmış tozların uygun bir sinterleme sıcaklığında bir süre tutulmasıdır. Preslenmiş toz parçacıkları bu haliyle kullanıma elverişli değildir. Ancak sinterleme ile mukavemet artışı sağlanır. Sinterleme iki şekilde sağlanmaktadır. Bunlar;

Katı sinterleme: Katı halde yayınma ile tanelerin arasında bir bağın oluşmasıdır.

Sıvı sinterleme: Bağlayıcı bir metalin ergiyerek karbür taneleri arasında sıvı bir faz meydana getirmesidir. Yani sinterleme sıcaklığında bağlayıcı faz ergir fakat esas metalin ergime sıcaklığına çıkamaz. Sert metal uç üretiminde söz konusu olan sinterleme, üretilen karbür cinsine bağlı olarak bir hidrojen veya vakum ortamında yapılır.

İlk olarak 25°C'lik ortam sıcaklığından 200°C'ye çıkılır. Burada seçilen değer 175°C/h'lik ısıtma hızı sisteme yani fırın dizaynına bağlıdır. Çeşitli fırın tipleri kullanılır. Hidrolik paletli fırın, itici tip fırın (ön yanma odalı), coolidge fırını, volfram kafes tipi fırın bu fırın çeşitlerine örnek olarak gösterilebilir.

Fırın içerisindeki malzemenin homojen bir sıcaklıkta olmaları amaçlanır. Bundan sonraki basamak 380°C'dir. 200°C'den sonra parafinde buharlaşma başlar ve 380°'de parafinin kraking hadisesi gerçekleşir. 200°C ila 300°arası düşük sıcaklıkta yükselme seçilmesinin nedeni parafinin buharlaşmasının yavaş oluşudur. Bu esnada buharlaşma fazla olursa, parafin kütleyi terk ederken basınç nedeniyle zedelenme ve kopma yaratabilir(Michiko,2005).

380°C ile 410°C arasında sıcaklık artışı daha da yavaşlatılır. Bu sayede kraking olayı da önlenmiş olur.

410°C ile 710°C arası hiçbir olay gerçekleşmez. Bu aralıkta sıcaklık artışı süratle gerçekleştirilebilir. 750°C önsinterleme olayı meydana gelebilir. Bu sıcaklıkta karbon tanecikleri yüzeyinde bir yüzey difüzyonu olur ve dış kısmında belirli bir katılaşma meydana gelir. Bundan sonraki basamak son sinter basamağıdır. Son sinter sıcaklığı tozun özelliklerine bağlı olarak 1400°C ila 1600°C arasında değişir. Bu sıcaklıkta Co hamur halindedir ve difüzyon sürmektedir. Karbür tanecikleri Co içerisinde yayınır. 1 saat sonra denge hali oluşur. Sistem 1100°C'ye kadar kendi halinde soğumaya bırakılır. 1100°C'den sonra halojen oluşmaması için yavaş soğutma yapılır. Hidrojen gazı yerine N gazı da kullanılabilir. Burada dikkat edilmesi gereken olay yüksek sıcaklıkta nitrür oluşabilme ihtimalidir.

Sinterleme sonrası parçaların hacimce %20 oranında büzülmeleri göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle seri üretime geçilmeden önce sinter sonrası yüzde büzülme hesaplanmalı ve ona göre boyut belirlenmelidir.

5.6. Taşlama

Sinterden çıkan parçaların nihai ürüne dönüşmeden önce taşlama işlemi ile performanslarının artırılması hedeflenir. SiC ile kaba taşlama yapılır. 80'lik SiC diskten sonra 100'lük bir SiC disk kullanılarak taşlama yapılabilir. Sert metalleri taşlamanın en mükemmel yolu 100 no'lu elmas taşlama diskidir. Yüzey kalitesinin artırılması için 220'lik elmas disk kullanılabilir.

Taşlama sırasında ani soğutmadan kaçınılmalıdır. Aksi takdirde ısıl çatlak oluşu görülebilir. Bu nedenle kademeli soğutma yapılmalıdır.

5.7. Bileme

Sert metallerin taşlanma işleminden sonra kesici kenarların bilenmesi önemlidir. Kırılgan kenarlar bilenerek yüzey alanı genişletilir. Bu bileme işlemi esnasında 320 no'lu SiC elmas bileyici kullanılabilir. Kesici kenarlarda 45°'lik ve 0,05-0,10mm'lik bir kavis verilmelidir.

5.8. Sert Metallerin Sınıflandırılması

Sert metaller genel olarak üç ana grupta isimlendirilirler. P, M ve K olmak üzere her birinin farklı renk grupları vardır.

P-Grubu: P grubunun tanıtma rengi mavidir. Bu gruptaki sert metaller WC ve Co'nun haricinde TiC ve TaC içerir. Bu nedenle ısınmadan dolayı aşınmayı önleyici vasıfları yüksektir. Bu özellikleri çeliğin yüksek kesme hızlarında ve büyük ilerleme değerlerinde uzun müddet işlenebilmesini sağlar.

M-Grubu: M grubunun tanıtım rengi sarıdır. Bu grup WC ve Co'nun dışında az bir miktar TiC ve TaC içerir. Bu nedenle, çok yönlü kullanım sahası vardır. Isınmadan ev sürtünmeden dolayı aşınmaya karşı mukavimdir. Aşınma özellikleri P ve K gruplarını arasındaki M grubu sert metaller, en çok paslanmaya dayanıklı ve yüksek sıcaklığa dayanıklı çeliklerin işlenmesine uygundur.

K-Grubu: K grubunun tanıtma rengi kırmızıdır. Kaliteliler genellikle WC ve Co'dan meydana gelmiştir. WC, çok yüksek ısılar meydana gelmedikçe, sürtünmeden dolayı aşınmaya dayanıklıdır. Co ve WC arasındaki iyi bağlantı, kenar dayanıklılığı ve basınç mukavemetini arttırdığından hem sert hem de sünek malzemelerin işlenmesinde iyi neticeler verirler. Bu grup sert metaller, genellikle kısa talaş bırakan malzemeler için kullanılırlar(Erdal,2005).

6. YÜKSEK HIZ TAKIM ÇELİKLERİNİN SİNERLENMESİ

Toz metalürjisi işlemesi maliyeti yüksek ve yüksek alaşımlı takım çeliği malzemelerine göre birkaç avantaj sunmaktadır. Bu avantajlar arasında üniform ve daha ince mikroyapı, geliştirilmiş taşlanabilme özelliği, geliştirilmiş kesme performansı, ve klasik ingot metalürjisinin sağlayamadığı oranda yüksek devirli çelik ve takım çeliği alaşımlarının elde edilebilmesidir.

Klasik pres ve sinter teknolojisinin kullanılması net şekil ve net şekle yakın üretim yapabilme olasılığını arttırmaktadır. Takımların, yatakların ve aşınan parçaların kesilmesi, ticari olarak tam yoğun sinterleme ile sağlanmaktadır. Aşınan parçalar, yine %80 ila 90 arası yoğunluklarda klasik T/M teknikleriyle üretilmektedir.

Halen, ticari olarak uygulanan tam yoğun sinterleme sonrası mukavemeti (green density) ve eksenel olmayan basınç kullanılarak rijit kalıplar içerisinde kompaksiyonu yapılan veya yeşil takımları ve parçaları imal etmek için soğuk izostatik basınç kullanan esnek lastik kalıplarda sıkıştırılabilir su atomize takım çelik tozlarını kullanmaktadır. Bu parçalar daha sonra alaşımın katılaşma sıcaklığının yakınlarında mikroişlemci kontrollü vakumlu fırın içerisinde virtüel tam yoğunluğa (teorik değerin en az %98i veya çoğunlukla %99u) sinterlenirler. Bu prosesin esnekliği preslenmiş ve sinterlenmiş parçalar içerisinde gösterilmektedir. Preslenmiş ve sinterlenmiş takım çelik tozları konusundaki ek bilgiler, bu sayıdaki “P/M takım Çelikleri” makalesinde bulunabilirler(Klar,1990).

Genellikle parçalar, tam yoğunluğa sinterlenmeleri öncesinde teorik yoğunluklarının %70 i ile %85 ine preslenirler. Düşük yoğunluklara presleme sıcaklığında daha uzun sürede kalarak tam yoğunluğun elde edilmesini gerekirken daha kaba mikro yapılarla sonuçlanır.

Artan pres sonrası yoğunluklar için gerekli olan, daha yüksek basınçlarda presleme, artan takım aşınmasına ve kırılmalara sebep olur. Pres sonrası yüksek yoğunluklu parçalar da sinterlemede ekstra dikkat gerektirebilirler. Yüzey hızla yüksek yoğunluğa sinterlenir ve parçanın merkezinden gelen parçaları tutabilir.

6.1. Sinterleme Mekanizmaları

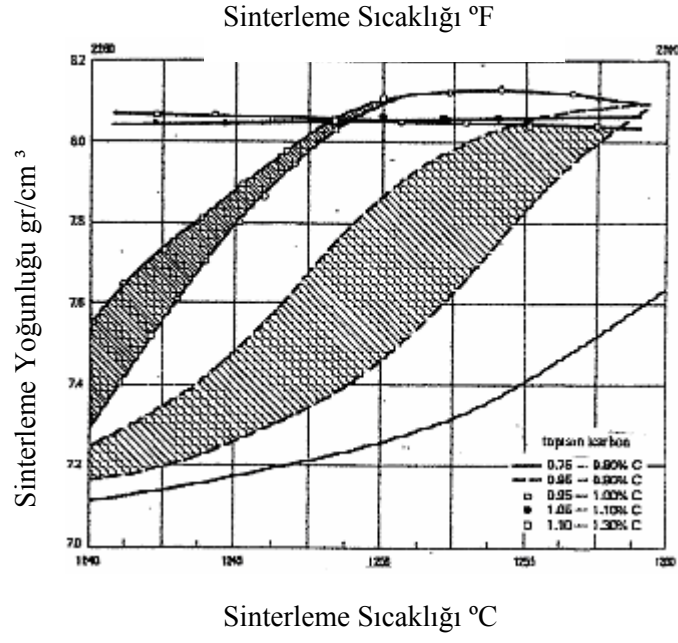
Sinterlemeye yapılan önemli katkılar, difüzyon ve viskoz akımdan dolayı ortaya çıkmaktadır. Difüzyon oranları artan sıcaklıkla artmaktadır, zira önemli alaşım elementlerinin difüzyonuna sebep olan boşluklar söz konusudur. Sinterleme sıcaklığı katılaşma sıcaklığına çok yakın tutularak tam yoğunluğa makul bir sürede ulaşılması sağlanmalıdır. Katılaşma seviyesinin 5.5 ila 11°C arasındaki bir sinterleme sıcaklığı az bir miktar sıvı oluşmasına sebep olur, bu ileri düzey sinterleme için yüksek difüzyon oranlarına izin verir. Bu sonuçlar yüksek sıcaklıklarda nispeten hızlı yoğunlaşmalara dayalıdır. Ancak metalografik yönden, volfram karbit veya volfram ağır metal gibi başarıyla sinterlenmiş yüksek hız çeliği ve tipik olarak sıvı fazında sinterlenmiş malzeme arasında bir benzerlik yoktur. Yüksek sıcaklıklı sinterlemenin tam olarak anlaşılabilmesi için ek araştırmalar gerekmektedir(Velasco,2002).

6.2. Sinterlemeyi Etkileyen Faktörler

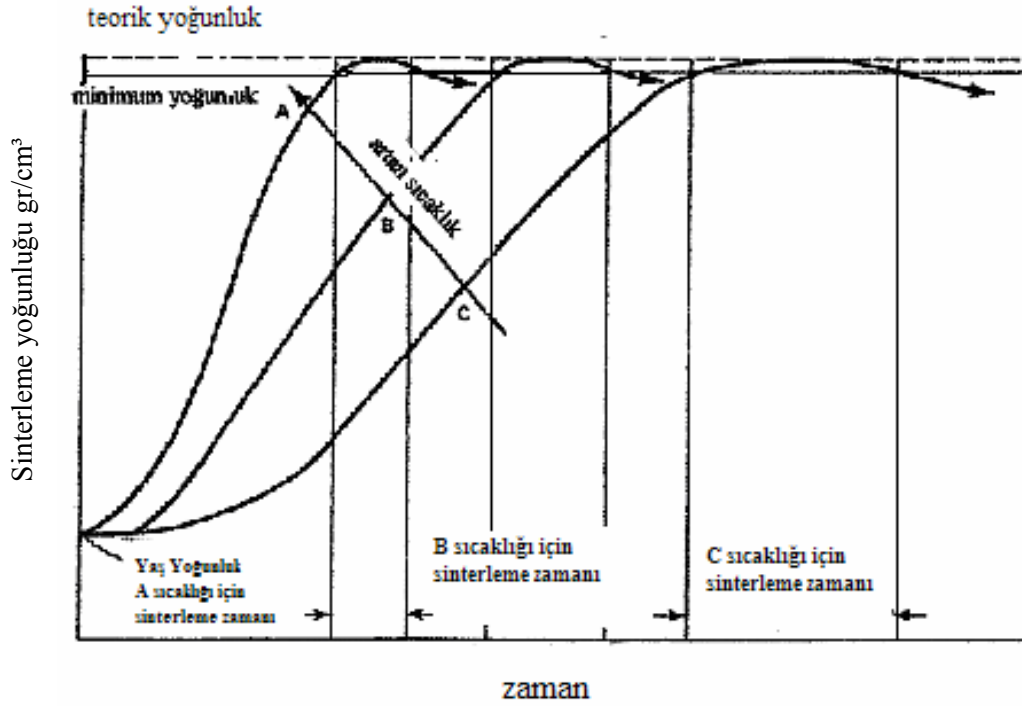
Sinterleme, bir dizi karmaşık süreçtir, yoğunlaştırma bunun bir aşamasıdır. Pres sonrası parçalar sinterleme sıcaklığına ısıtıldığında, gazlar adsorbe edilebilir (azot, hidrojen veya karbon) veya oluşabilir (azot, hidrojen veya karbon monoksit). Karışmış karbon çözünür ve homojenleşir, bununla birlikte karbitler çözünür ve büyürler. Tanecik büyümesi, aynı zamanda, gözenekler büzüldükçe ve fiilen ortadan kalktıklarında da meydana gelir(Klar,1990).

6.2.1. Sinterleme Süresi ve Sıcaklığı

Sinterleme sıcaklığının arttırılması tam yoğunluğa ulaşma için gereken süreyi azaltır. Yüksek sıcaklıklar, yine tam yoğunluk ve aşırı sinterlemeye ulaşma arasındaki süreyi de düşürür. Sinterleme sıcaklığının yoğunluğa etkisi ve yoğunlukların zamana bağlı değişimleri Şekil 6.1 ile Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.1 M2 Yüksek hız çeliklerinin sinterleme eğrisi(Klar,1990)



Şekil 6.2 Sinterleme yoğunluğu, sinterleme zamanı ve sinterleme sıcaklığı arasındaki ilişkiler(Klar,1990)

6.3. Sinterleme Atmosferleri

Vakumun tercih edilen sinterleme modu olmasına rağmen, takım çelikleri ve yüksek hız çeliklerinden yapılan aşınan parçalar klasik T/M yoğunluklarına ve ya tam yoğunluğa atmosferik basınçta ve çığleşme noktası -40°C 'nin altındaki atmosferlerde sinterlenebilirler. Atmosfer sinterlenmiş parçalar, vakum sinterlenmiş parçalardan daha yüksek oksijen ve azot düzeylerine sahiptirler.

Azot tabanlı, ayrılmış amonyak ve hidrojen atmosferleri, vakumun uygulanabilir alternatifleridir. Ancak, atmosfer bileşimi, sinterlenmiş yoğunluk üzerinde düşük bir etkiye sahiptir. Saf azot veya azot tabanlı atmosferlerde sinterlenen parçalar nitride olurlar. Azot içeriğinin arttırılması sinterlenmiş transvers yırtılma mukavemetini azaltır. Sonuç olarak, sinterlenmiş transvers yırtılma mukavemeti azot içerisinde sinterlenmiş parçalarda en düşük, hidrojen içerisinde sinterlenmiş parçalarda da en yüksektir. Sinterlenmiş yüksek hız çelikleri ve takım çelikleri transvers yırtılma mukavemetini maksimuma çıkarmak için iki defa temperlenmelidir(Klar,1990).

6.3.1. Karbon İçeriğinin Etkisi

Karbon içeriği, sinterleme sıcaklığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Karbon içeriğinin arttırılması, katılaşma sıcaklığını azaltarak sinterleme sıcaklığını düşürür.

Karbon, presleme öncesinde grafitin veya lamba isinin toza karıştırılmasıyla yakından kontrol edilebilir. Karbon çabuk çözünür ve yüksek oranda yayınabilmesi 980°C üzerinde hızlı homojenizasyonu mümkün kılar. Ancak %0.15 ila 0.2 den daha fazla karbonun karışması birkaç zararlı etkiye sebep olabilir, buna örnek olarak karbonun üniform olmayan dağılımı, sinterlemeye değişken tepki, değişken parça-parça yoğunluğu ve parça çarpılması verilebilir,

%0.15 ten daha fazla karbon mineral yağı gibi %0.05 ila 0.30 arasındaki karışım yağı ile karışabilir. Ancak karışım yağları toz akım zorluklarına ve vakum sinterlemesi esnasında aşırı gaz çıkışına sebep olabilir.

Karışık karbonun miktarı mikroyapı üzerinde kritik bir etkiye sahiptir. Belirli bir sinterleme çevriminde, yetersiz karbon miktarı sinterlenmenin tamamlanmamasına ve fazla karbon miktarı da aşırı sinterlemeye sebep olur.

6.3.2. Oksijen İçeriğinin Etkisi

Oksijen, alet çeliklerinin sinterlenmesini, sinterleme esnasında karbon içeriğini azaltarak etkilemektedir. Sertleştirilmiş tozdan gelen oksijen sinterleme esnasında karbonla reaksiyona girerek karbon monoksidi oluşturur. C'nin yaklaşık olarak %0.01 i, sertleştirilmiş tozda bulunan her %0.01 lik oksijen için atmosferde kaybolur. Bu reaksiyon, vakumlu sinterleme esnasında oksijenin 200 ppm den daha düşük bir düzeye inmesine sebep olur.

6.3.3. Silikon İçeriğinin Etkisi

Silikon, takım çeliklerinin erime noktasını baskılayarak sinterlemeye yardımcı olur. Sinterleme sıcaklığını hesaplamak için bir karbon içeriği (CE) aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$CE = \%C \text{ (toz)} + \%C \text{ (grafit)} + \%Si/30$$

Karışan silikon hemen homojenize olmaz zira difüzyon özelliği düşüktür. Sonuç olarak genelde yeni başlayan bir erime sağlar.

6.3.4. Karbid Oluşturucularının Etkisi

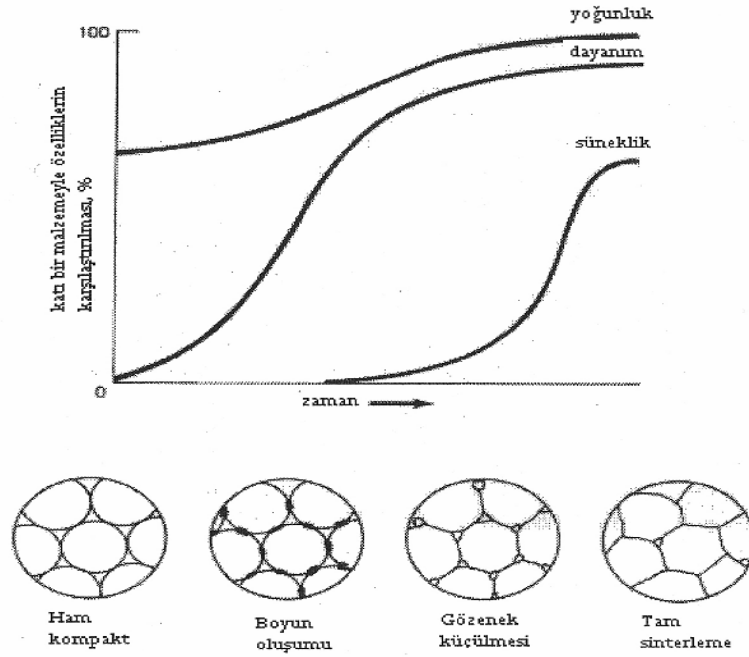
Sinterleme ve ısıtım işlem için gerekli olan karbonun miktarı tungsten, molibden ve vanadyum konsantrasyonu ile birlikte artmaktadır. Tungsten, molibden ve vanadyum karbonla birlikte, karbon matrisini tüketen karbidleri oluşturmak üzere birleşirler. Vanadyum özellikle güçlüdür zira vanadyum açısından zengin MC karbid çok dengelidir ve yüksek sinterleme sıcaklıklarında çözmeye karşı direnç gösterir.

Vanadyum karbidin stabilitesi tanecik büyümesini etkili olarak geciktirir. Genel olarak, artan vanadyum içeriği (karbon ile tam olarak dengelendiğinde) sinterlemeyi kolaylaştırır. %3 veya daha fazla vanadyum içeren yüksek devirli çelikler (M3 tip 2 ve T15) basınçlı olanlardan daha ince mikroyapılarla tam yoğunluğa sinterlenebilirler.

Yüksek hız çeliklerinde, krom içeriği, krom karbidin molibdene, tungstene ve/veya vanadyum karbidlere oranla azalan stabilitesi sebebiyle alaşımların sinterlemesini etkilemezler. Krom karbid sadece sertleştirilmiş malzemede oluşur. Krom içeriği düşük miktarlarda vanadyum, molibden veya tungsten içeren yüksek krom kalıp çelikleri gibi alaşımlarda sinterlemeyi etkiler.

7. SİNERLEMEDE TAM YOĞUNLUK İŞLEMLERİ

Tam yoğunluğa vakumlu sinterlemenin asıl hedefi tüm parçaları yeterli sıcaklık ve süreye üniform olarak maruz bırakmaktır. Bu işlem tipik olarak, gerekli minimum yoğunluğu elde etmek ve aşırı ısınmayı ve/veya fazla karbid büyümesini önlemek üzere yapılmaktadır. Zamana bağlı değişimler Şekil 7.1’de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Sinterleme operasyonu sürecinde toz metalurjisi ürünlerinin yoğunluk, mukavemet, süneklik gibi diğer yöntemlerle üretilen mamüllerin özelliklerine oranla zamanla değişimi ve mikroyapıları

7.1. Sinterleme Çevrimleri

Sinterleme çevrimleri, kompaktların düşük sıcaklıkta tutulması ve bunun arkasından, kompaktların yoğunlaştırılması amacıyla yüksek sıcaklıkta tutulmalarını içermektedir.

7.2. Deoksidasyon

Deoksidasyon sıcaklıklarına ısınma hızları kritik değildir. Parçalar, fırın süresini minimuma indirmek için maksimum uygulamalı ısıtma hızında ısıtılmalıdır, ancak yükün sıcaklığının, deoksidasyon ısıtma sıcaklığını çok fazla baskılamaması gereklidir. Parti tipi vakumlu

fırınlar, ısıtma hızını ve yükün sıcaklık üniformluğunu geliştirmek üzere 46 kPa'nın üzerindeki bir değere inert gaz veya hidrojenle doldurulmalıdır.

Deoksidasyon kademesinin ana fonksiyonu, oksijenin karbonla reaksiyona girerek karbon monoksit oluşturmaktır, bu da vakum pompaları ile dışarı alınır. Toz kompaktında bulunabilen oksijen, azot ve diğer gazlar, sinterleme bağlantılı poroziteyi yüzeye kapatmadan önce dışarı alınmalıdır. Porozitenin bağı kalmadığında, gaz oluşumu kabarcıklarla sonuçlanır.

Deoksidasyon ısılatması veya bekletmesi, yük sıcaklığının üniform olması için de bir fırsat ortaya çıkarmaktadır. Yükün herhangi bir kısmında yer alan sıcaklık, $\pm 9^{\circ}\text{C}$ tan daha fazla değişmemelidir. Mikroyapıya ciddi bir etki olmaksızın sıcaklık üniformluğunu geliştirmek üzere yük 1040°C ta ısıtılabilir.

Sinterleme Sıcaklığına Isıtma yavaştır ve sıcaklık üniformluğunu temin etmek üzere yakından kontrol edilir. Tipik ramp hızları 0.5 ila $5.5^{\circ}\text{C/dakika}$ olmaktadır.

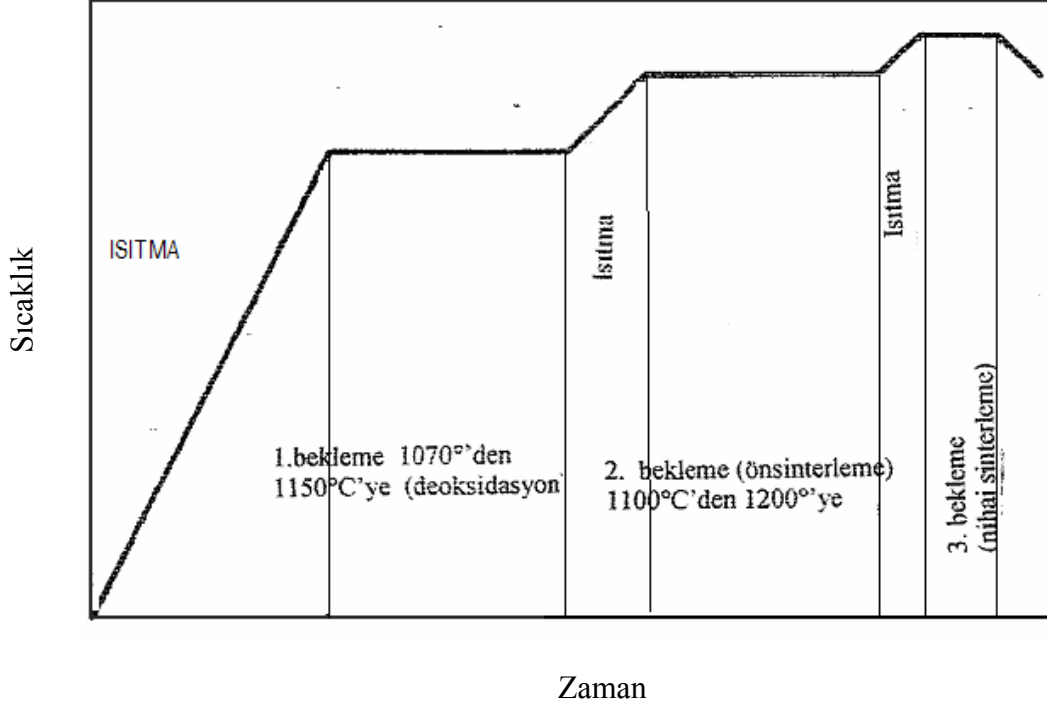
7.3. Östenitleme

Yüksek hız çeliklerinin östenitleme sıcaklıkları, alaşımın tam bileşiminden (özellikle karbondan) ve karbid büyüklüğünden etkilenmektedir. Küçük taneli karbidler, kaba taneli olanlara göre daha hızlı çözünürler, bunun sonucu olarak da, ince karbitli parçalar, daha düşük östenit sıcaklığında ısıtılmalı tutulmalıdırlar. Birkaç yüksek devirli çelikte sertlik değerlerini, sertleşme ve temperleme sıcaklıklarını ve ortalama Snyder-Graaf ara parça tanecik büyüklüklerini vermektedir.

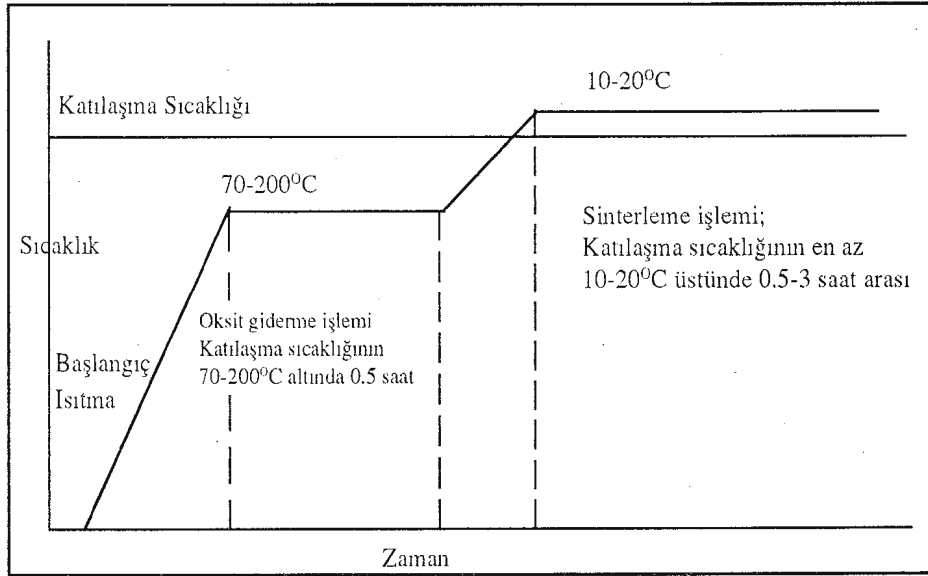
Ara parça tanecik büyüklüğünü belirlemede kullanılan Snyder-Graaf yöntemi, taneciklerin gerçek sayısına dayanmaktadır. Söndürülmüş durumda, yüksek alaşımlı takım çeliklerinin tanecik sınırları nital içerisinde derin dağlama ile açıkça ortaya çıkmaktadır. Taşlanmış cam üzerinde çizilen 127 mm lik bir çizgi, numune üzerinde 127mm lik bir mesafeyi temsil etmektedir. Bu 127 mm lik çizgiden geçen veya bu çizginin değdiği tanecikler sayılır, numune üzerindeki rasgele noktalarda ortalama 10 okuma ara parça tanecik büyüklüğünü vermektedir. T/M parçalarının temperleme sıcaklıkları işlenmiş malzemeler için kullanılanlara benzerdir. Özellikle koşullarına bağlı olarak sıcaklıklar 540 ila 595°C arasında

değişmektedir. Yüksek hız çeliklerinin tam yoğunluğa ulaşırken geçirdiği sinterleme çevrimleri Şekil 7.2’de verilmiştir.

a)



b)



Şekil 7.2. Yüksek hız çeliklerinin tam yoğun sinterlemesinde sinterleme çevrimleri

a. İngiliz patenti 1 562 788

b. ABD patenti 4 063 940

Çizelge 7.1 Birkaç yüksek hızlı çelikte tipik sinterleme sıcaklıkları ve bileşimleri

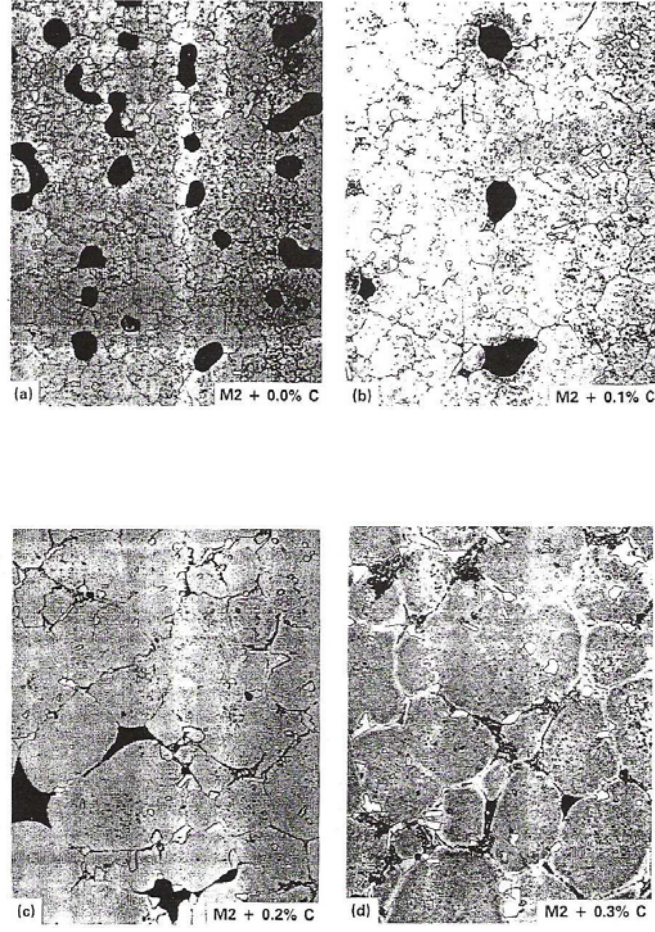
ALAŞIM	SİNERLEME SICAKLIĞI °C	% BİLEŞİMLERİ						SİNERLEME İLİŞKİSİ
		C	Cr	Mo	W	V	Co	
M2	1245	0,85	4,2	5,0	6,3	1,9	...	3
M2 (yüksek karbon)	1240	1,00	4,2	5,0	6,3	1,9	...	3
M3 tip 2	1255	1,20	4,1	5,0	6,0	3,0	...	2
M4	1260	1,32	4,5	4,5	5,5	4,0	...	3
M35	1225	1,15	4,2	5,1	6,4	2,0	5,0	4
M42	1220	1,10	3,8	9,5	1,5	1,2	8,0	5
T15	1265	1,60	4,4	...	12,5	4,8	5,0	1

7.4. Tavlama

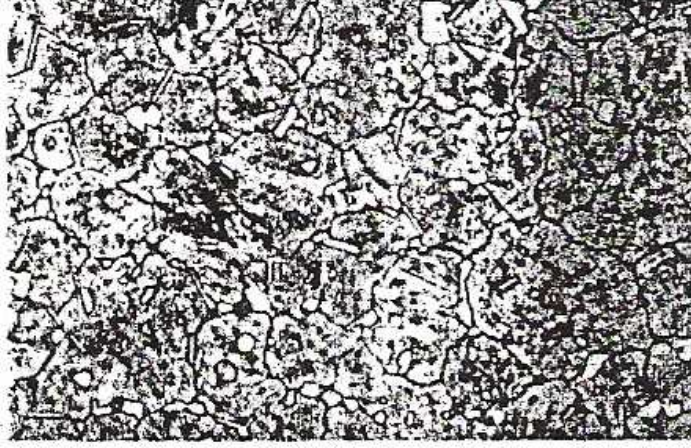
Sinterlenmiş parçalar östenitlenmeden önce tavlamlıdır. Bu işlem taneciklerin artırılmasını sağlar ve büyük miktarlarda tutulmuş östeniti dönüştürür. Sinterleme sıcaklıkları ve süreleri, optimum östenitleme ısı işlem sürelerinden daha fazladır. Sonuç olarak, sinterleme sıcaklığından tavlama parçaları büyük miktarlarda tutulan östenit içerirler, bu durum da malzeme özelliklerini düşürür. Sinterlenmiş parçalarda uygun bir tavlama çevrimi 4 saat boyunca 900°C'a ısıtma ve 50°C/saatte 500°C'a soğutma ve arkasından da ortam sıcaklığına hızlı soğutma bulunmaktadır.

7.5. Soğutma

Genel olarak, sinterleme sıcaklığından soğutma, fırını inert gaz ile doldurarak ve cebri konveksiyon soğutması kullanarak gerçekleştirilir (pervaneli soğutma veya gaz söndürme olarak da bilinir) Tipik olarak, gaz söndürmeli tam yoğun alet ve yüksek devirli çeliklerin sertlikleri 50 ila 60 HRC arasındadır. Bu sertlikler 55 ila 65 HRC arasındaki östenite ve su verilmiş sertliklerden önemli oranda daha düşüktür, bunun sebebi, aşırı tutulmuş östenitle sonuçlanan karbitlerin aşırı çözünmesidir.



Şekil 7.3 M2'nin Sinterlenmiş mikroyapısı üzerinde karbon içeriğinin etkisi(Klar,1990)



Şekil 7.4 Sinterlenmiş M2 çeliğinin karbid morfolojisi üzerinde %0.05 B'nin etkisi,(x250)(Klar,1990)

7.6. Nitrasyon

Takım çelikleri ve yüksek hız çeliklerinde deoksidasyon sonrasında, ancak sinterleme öncesinde azotun kısmi basıncını muhafaza ederek alaşımlanabilir. 133 Pa üzerindeki kısmi basınçlarda önemli oranda alaşımlama meydana gelecektir. Kısmi basıncın arttırılması azot içeriğini arttıracaktır. Alaşıma bağlı olarak, 4.000 ppm (M2) den 8.000 ppm üzeri (T15) e kadar azot içerikleri, atmosferik basınca dolgu yapılarak elde edilebilir.

Nitridli kasalar, sinterleme tarafından ara bağlantı porozluğu kapatıldıktan sonra uygun azot kısmi basıncını uygulayarak üretilebilir. Cebri konveksiyon soğuması esnasında azotun söndürme gazı olarak kullanılması sonucu kayda değer miktarda nitrasyon meydana gelmez.

8. YÜKSEK HIZ TAKIM ÇELİKLERİNİN ISIL İŞLEMLERİ

Yüksek hız takım çeliklerine sinterleme sonrası yumuşatma, sertleştirme ve menevişleme gibi çeşitli ısı işlemleri uygulanır. Bu işlemler kısaca Çizelge 8.1’de verilmiştir.

Çizelge 8.1 Takım çeliklerinin ısı işlemleri

	Yumuşatma	Sertleştirme	Meneviş
Metod	600-800 C arası tavlayıp yavaş soğutma	800 C üzerindeki sıcaklıklardan soğutma (çoğunlukla hızlı)	100-700 C arası ısıtma (çoğunlukla birkaç defa)
Etki	En düşük sertlik, en iyi işlenebilirlik, sertleştirmek için en iyi başlangıç durumu	En yüksek sertlik, kötü işlenebilirlik, düşük tokluk	İstenen sertlik değerinin tokluk ile elde edilmesi, kullanım sıcaklığında hemen çatlama tehlikesinin önlenmesi
Sonuç	Uygun teslimat durumu	En uygun kullanım Özellikleri	

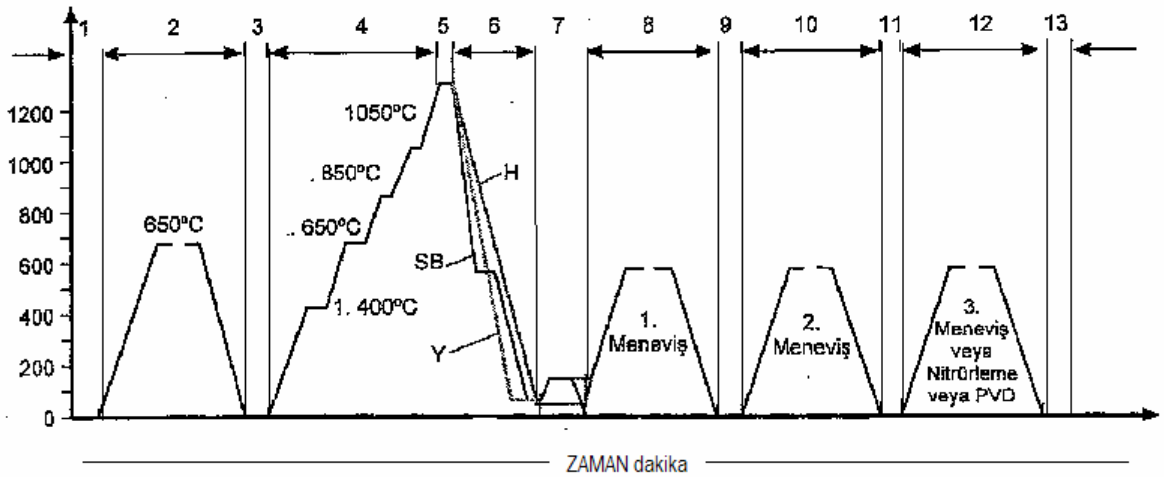
Yumuşatma: Yumuşatma işleminden, 600-800°C arası uzun süreli tavlama ve daha sonra yavaş soğutma anlaşılar. Bu durumda takım çeliği oldukça yumuşak, işlenmesi kolay ve sertleştirme için en uygun durumdadır. Yumuşatma, ısı işlemin temelidir. Genel olarak takım çelikleri yumuşak durumda teslim edilir.

Gerilim Giderme: Malzeme istenilen şekle işlenirken, mekanik işlemler sonucu iç yapısında gerilimler meydana gelir. Sertleştirme öncesi bu gerilimleri gidermek zorunludur. Gerilim giderme tavı, malzemeleri 600-700°C arasında tavlayıp genellikle yavaş soğutarak elde edilir.

Sertleştirme: Çeliğin önce 780-1250°C arası tavlama ve daha sonra soğutulması(su verilmesi) işlemidir. Takım çeliklerinin sertleştirilmesi imalat çeliklerinden farklı olarak bir dizi ısıtma ve soğutma işlemini kapsar. İlk ısıtma işi, ön ısıtma olarak adlandırılır. Isıtma sırasında parçada, yüzey ve göbek arasındaki sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak çatlakları önlemek için ön ısıtma birkaç aşamada uygulanmalıdır. Özellikle, yüksek alaşımlı ve karmaşık tasarımlara sahip takımlarda çatlama tehlikesi daha da önem kazanır ve ön ısıtma uygulanmadığında ısınma çatlakları ile karşılaşılabilir.

Menevişleme: Menevişleme, 100-700°C arasında birkaç defa ısıtma ve daha sonra soğutma işlemidir(Asil,1984).

Çizelge 8.2 Yüksek hız takım çeliklerinin ısıtma işlemi kaba talaş işlemi bitmiş parçalar



Gerilim giderme tavlama(2): Çarpılma ve çatlama riski olan parçalara uygulanır. Sıcaklık 650°, tutma zamanı iki saattir. Fırında soğutulur.

İnce talaş veya perdah işlemi(3): Talaşlama payı dikkate alınmalıdır.

Ön ısıtma(4): Amaç parça kesitinin homojen ısınmasını sağlamaktır. Her kademedede bir süre daldırılıp çıkarılarak termo şok önlenir. Tutma zamanı, parça kesiti kademe sıcaklığına çıktıktan sonra 1mm için 0.5-1 dak.

Sertleştirme sıcaklığı(5): Çeliğin kalitesine, kullanım amacına, ölçü ve formuna göre seçilir. Tutma zamanı önemli bir parametredir. Kural olarak, sertleştirme sıcaklığının alt sınırında uzun, üst sınırında kısa tutulur. Önısıtma kademesi sayısı arttıkça sertleştirme sıcaklığında tutma zamanı kısalır. Çelik yapısı olumlu yönde etkilenir.

Soğutma ortamı(6): Basınçlı kuru hava, uygun yağ ve 500-650°C sıcaklıkta tuz banyosu olabilir. Seri üretimlerde, banyolar ısı kontrol donatımlıdır. Yağda soğutma, takımın gücünü artırma yönünden olumludur. Gerilim sonucu çarpılma, çatlama ve ölçü değiştirme riski yönünden olumsuzdur.

Dengeleme ortamı(7): Şayet parça hemen menevişe konmayacaksa 120-150°C'lik bir ortamda bekletilir. Böylece iş gerilimlerin olumsuz etkisi önlenmiş olur.

Birinci meneviş(8): Gereken sertliği elde etmek yönünden önemlidir. Sertleştirme sıcaklığı, meneviş sıcaklığı ve sertlik bağıntı diyagramından yararlanarak meneviş sıcaklığı seçilir. Menevişleme süresi 1.5-2 saattir.

Sertlik kontrol(9): Sertlik kontrol edilir. İkinci meneviş sıcaklığı seçilir.

İkinci meneviş(10): Tokluğun yükselmesi, kesme gücünün artması yönünden önemlidir. Birinci menevişte istenen sertlik elde edilmişse, ikinci meneviş birinciden 20°C düşük tutulur. Böylece sertlik düşmesi önlenmiş olur. İki ya da daha çok kademeli meneviş yapmamızın nedeni, çatlama tehlikesini azaltmak, daha homojen bir temperlenmiş martenzit yapısı elde etmek ve ayrıca kalıntı östenitin giderilmesi için yapılır.

Sertlik kontrol(11): Deneyimli kimseler için gereksizdir. Deney yapanlar veya deneyimsiz ısıtma işlemciler için faydalıdır.

Üçüncü meneviş(12): Alaşımında kobalt olmayan HSS için gereksizdir. Alaşımında kobalt bulunanlar için takımın gücünü artırması yönünden önemlidir. Kobaltsızlar için üçüncü meneviş yerine yüzeysel işlemler(nitrasyon, PVD(TİN) gibi). Kobaltlılarda bu işlemler dördüncü kademede yapılır.

Taşlama(13): Bileme yapılır. Kullanılmaya hazır hale gelir(Bakkaloğlu,2000).

8.1. Sıcak İş Takım Çeliklerinin Isıl İşlemi

Sıcak iş takım çelikleri, demir, çelik ve her türlü demir dışı metalin sıcak şekillendirilmesinde kullanılan çeliklerdir. 200°C üzerindeki sıcaklıklarda kullanılırlar. Başlıca özellikleri yüksek meneviş dayanıklılıkları ve dayanımıdır.

Sıcak iş takım çelikleri;

Kaba talaş işleme yapılmış iş parçası

Isıl işlem sonucu deformasyon ve çatlama riskini azaltmak için gerilim alma tavlı 600-650°C de iki saat tutulur, fırında soğutulur.

Son talaş işleme yapılır. (Taşlama payına kadar)

Sertleştirme işlemi için ön ısıtma kademesi: 1.kademe 400-450°C ve ya 600-650°C olabilir. 2. kademe 600-650°C ve ya 800-850°C olabilir. 3. kademe ön ısıtma daha iyidir. İlk kademe sıcaklık yükselmesinin çok yavaş olması önerilir. Her kademe, parça kesitinin, öngörülen sıcaklığa çıkmasına kadar bekletilir.

Sertleştirme sıcaklığı; sertleştirilen çeliğin türüne göre verilen sıcaklığa yükseltilir. Ancak takımdan beklenen özelliklerin sağlanabilmesi için sertleştirme sıcaklığının üst, orta ve ya alt sınırı seçilebilir. Tutma süresi, parça kesitinin homojen ısınmasından sonra, kural olarak alt sınırdaki sertleştirilecek parça verilen zamandan daha uzun, üst sınırdaki ise daha kısa tutulur.

Soğutma: Sıcak tuz banyosu(SB) 180-220°C veya 500-550°C, yağ (Y), basınçlı hava (H) veya diğer soğutucu gazlar. Soğutma süratli olacak fakat hiçbir zaman 60-80°C'nin altına inilmemelidir.

Soğutulan parça hemen menevişe koyulmayacaksa, 120-150°C'lik bir ortamda bekletilmelidir. Bu işleme “dengeleme” denilmektedir. İç gerilimlerin oluşmasını önler, çatlama riskini azaltır.

Birinci meneviş; öngörülen çalışma sertliğine göre meneviş diyagramından seçilir. Süresi, tüm kesit ısıtıldıktan sonra en az iki saattir. Menevişten sonra sakın ortamda soğutulur ve sertlik kontrolü yapılır. Bulunacak sertliğe göre 2. meneviş seçilir.

Kural olarak 2. meneviş 1. menevişten 10-20°C düşük seçilir. Meneviş süresi 2-10 saat olabilir. Düşük derecede uzun meneviş, yüksek sıcaklıkta kısa süre yapılan menevişten daha iyi sonuç verir.

Meneviş işlemi sonrasında sertlik kontrolü yapılır, gerekiyorsa nitrürleme veya oksitleme işlemi yapılır.

Sinterlenmiş yüksek hız çeliklerinin ısıtılma işlemi, işlenmiş parçaların ısıtılma işlemine benzerdir. Her iki durumda da ısıtılma işlemi, tavlama işlemi bir yapının sertleştirilmesinden ve daha sonrada istenen özellikleri elde etmek üzere temperlenmesinden oluşmaktadır. T/M yüksek hız çeliklerinin daha küçük mikroyapısı, performansı optimize etmek üzere, işlenmiş parçalardan biraz daha düşük sıcaklıklar gerektirebilir.

Çizelge 8.3 Sinterlenmiş yüksek hız çeliklerinde tuz banyosu sertleşmesinin tavsiye edilen koşulları

ALAŞIM	SERTLİK		SERTLEŞTİRME SICAKLIĞI °C (a)	TEMPERLEME SICAKLIĞI °C (b)	ENGELLEYİCİ TANE BOYUTU
	HRC	DPH			
M2	63 -64	790 -815	1170	570	...
	64 -65	815 -840	1180	560	...
	65 -66	840 -870	1200	550	...
M3 TİP2	64 -65	815 -840	1170	570	15
	65 -66	840 -870	1180	570	15
	66 -67	870 -905	1200	560	15
	67 -68	905 -940	1220	550	14
M4	63 -64	790 -815	1180	570	10,5
	64 -65	815 -840	1200	560	8
	65 -66	840 -870	1200	540	8
M15	63 -64	790 -815	1180	560	17
	64 -65	815 -840	1200	580	17
	65 -66	840 -870	1200	570	17
	66 -67	870 -905	1210	560	15
M35	63 -64	790 -815	1180	580	12
	64 -65	811 -840	1180	560	12
	65 -66	840 -870	1200	560	12
T15	65 -66	840 -870	1170	570	17
	66 -67	870 -905	1180	565	17
	67 -68	905 -940	1200	550	16
	68 -69	940 -980	1220	520	13,5
T42	66 -67	870 -905	1160	570	15
	67 -68	905 -940	1180	570	15
	68 -69	940 -980	1210	560	14

Tam yoğun sinterlenmiş alet çeliği ve yüksek hız çelik metalurjisi ve mikroyapılar, birçok açıdan işlenmiş parçalara benzemektedir. Karbid büyüklüğü ve karbid dağılımının uniformluğundaki düşük önemli farklılıklar, önemli sonuçlar doğurabilir. Sinterlenmiş T15, işlenmiş alaşıma nazaran daha ince karbidleri ve tanecik büyüklüğünü sağlayabilmektedir. Sinterlenmiş M2, genellikle sinterlenmiş T15 kadar ince olmayan karbid ve tanecik büyüklüklerini karbid ve tanecik büyüklüğüne sahiptir ve çoğunlukla, işlenmiş M2 den daha kaba taneciklidir. T15, büyük miktarda vanadyumca zengin karbidler (MC) içerir, bunlar çok dengelidir ve hemen kabalaşmazlar. Bu karbidler aynı zamanda sinterleme esnasında tanecik büyümesini engellerler(Klar,1990).

İşlenmiş T15 gibi işlenmiş D5'te segregasyonlu veya "bantlı" bir yapıya sahiptir, burada büyük karbitler bir arada gruplaşırlar. T/M takım çeliklerinin geliştirilmiş özellikleri daha ince ve üniform mikroyapılarına dayanmaktadır.

Sinterlenmiş olarak mikroyapılar önceki östenit tanecik sınırları içerisindeki temperlenmemiş martenzitten ve büyük miktarlarda tutulmuş östenitten oluşmaktadır. Nital içerisinde dağlama, sinterleme esnasında daha önceki östenitik tanecik sınırlarının varlığını ortaya çıkarır. Dağlama aynı zamanda, matris içerisinde gri veya beyaz alanları ortaya çıkarılabilir. Gri alanların sebebinin marjinal veya yetersiz vakum söndürmesinden kaynaklandığı bildirilmektedir. Beyaz bölgeler, çökelmelerin meydana gelmediği bölgeleri gösterirler. M2, M3 tip 2 ve M7 nin vakum içerisinde ısıtılmış halde tartışmaktadır. Yetersiz sinterlenmiş mikroyapılar gözenekliliğe ek olarak ince veya çok ince karbidlere ve taneciklere sahiptirler. Gözeneklilik yuvarlatılır (keskin uçlar olmaksızın) ve sinterlenmiş yoğunluk düşük olduğunda şekil olarak düzensiz olabilirler. Doğru sinterlenmiş mikroyapılarda çok az gözeneklilik vardır veya hiç yoktur, ötektik yapı veya erime işareti yoktur, bunlarda karbidler üniform dağılmıştır tanecik büyüklüğü de üniformdur. Aşırı sinterlenmiş mikroyapıda büyük karbidler ve tanecikler bulunmaktadır. Keskin uçlu gözenekler bulunmaktadır, bu durum görüldüğü gibi, genellikle, tanecik üçlü noktasında yer alır. Yerleşmiş erime ve tanecikler arasındaki sürekli karbid ağından kaynaklanan ötektik yapı da aşırı sinterlenmiş mikroyapılarda mevcut olabilir. Aşırı sinterlenmiş parçalarda doğru sinterlenmiş parçalara nazaran biraz daha düşük sinterlenmiş yoğunluk söz konusudur, bunun sebebi, tanecik üçlü noktalarında gözeneklerin oluşmasıdır.

8.2. Mikroyapıya Alaşım Elementinin Karışması

Metalik karışma sinterlenmiş takım çeliği mikroyapılarında görülebilir. Dağılma gözenekli karbidsiz bölgeler olarak ve/veya karbid ağları olarak görülür. Bu tür kusurlar düşük erime noktalı alaşım parçacıklarının veya takım çeliği tozundan gelen karbonla düşük erime noktalı alaşımlar oluşturmak üzere reaksiyona giren alaşım parçacıklarının, daha yüksek erime noktalı alet çeliği alaşımlarında bulunması halinde görülmektedir. Çizelge 8.4'te çeşitli tozların mekanik özellikleri verilerek alaşım elementlerinin etkisi gösterilmiştir. Demir, paslanmaz çelik ve düşük alaşım çelik tozları M2 ve T15'te ve diğer yüksek hız çeliklerinde bu tür kusurları oluştururlar. Bu kusurlar yine, M2 yüksek hız çeliklerinde T15 parçacıklarının mevcut olduğu durumlarda da görülürler.

Takım çeliği toz üreticileri, toz temizleme, kompaksiyon ve sinterleme ekipmanını sadece takım çeliği tozlarında kullanarak ve toz üretim ortamlarını çok temiz tutarak bulaşmayı azaltmışlardır. Takım çeliği tozu kullanıcıları, aynı zamanda temiz toz haznelerini ve karıştırıcılarını temizleyerek yüksek kalitede T/M parça üretimini sağlamalıdır(Klar,1990).

Çizelge 8.4 Ticari Sinterlenmiş M2, M35 ve T15 yüksek hız çeliklerinin tipik mekanik özellikleri

ÖZELLİKLER	M2	M35	T15
Yoğunluk g/cm ³	8,05-8,2	8,05-8,2	8,15-8,3
Nihai Kuvvet	750-800 (108-116)	770-820 (112-119)	770-830 (112-120)
% Uzama	12-14	6-9	3-6
Nihai Kuvvet	750-200 (108-290)	770-2000 (112-290)	770-2000 (112-290)
Sertlik (HRC)	62-65	63-66	64-67

8.3. Yüksek Hız Takım Çeliğinin Mikroyapısı ve Alaşım Elementlerinin Çelik Özelliklerine Etkisi

Yüksek hız çelikleri ledeburitik mikro yapıya sahiptirler. Bunlar yapılarında Fe₃C değil de, alaşım elemanları yüzünden özel karbürler bulundurulur. Bu karbürler sayesinde saf Fe-C alaşımı ledeburitinden daha yüksek sıcaklıkta ergirir.

Mikro yapıyı ve özellikleri önemli ölçüde değiştiren belli başlı alaşım elemanları C, Cr, Mo, V, W ve Co'dur. Co'nun dışındakiler mikroyapıda çökerek karbür oluştururlar. Genel olarak yüksek hız takım çeliklerinde yedi grup karbür çöker;

E-karbür: Fe₂₄C

θ-karbür: M₃C

MC ya da M₄C₃

M₂C

λ-karbür: M₇C₃

γ-karbür: M₂₃C₆

η-karbür: M₆C

Burada "M" bir metale veya metal grubuna karşılık gelmektedir. M₆C özgün olarak yüksek hız çeliği olarak bilinir ve çeliğe kıvırtı sertlik özelliğini sağlar. M₆ C özgün olarak yüksek hız

takım çeliği olarak bilinir ve çeliğe kıvırtı sertlik özelliği sağlar. $M_{23}C_6$ karbürü temelde kro-karbürdür ve östenitleme sırasında kolayca çözünerek östenitin oluşmasına büyük katkıda bulunur. Sertleştirme sonucu istenilen martenzitin oluşumuna da etkide bulunur. MC karbürü ya da vanadyum-karbür aşırı sertliğinden dolayı çeliğin aşınma direncini arttıran karbürdür(Tayanç,2000).

9. FREZELEME İÇİN MEKANİK SIKMALI UÇLAR

Frezeleme işlemlerinde karşılaşılabilecek problemler ve çözümleri Çizelge 9.1’de verilmiştir.

Çizelge 9.1 Frezeleme işlemlerinde karşılaşılan problemler ve çözümleri

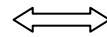
Problem \ Çözüm	Aşırı serbest yüzey aşınması	Aşırı kriter aşınması	Talaş birikmesi (kaynaması)	Kesme kenarının ufak parçalar halinde kopması	Plastik deformasyon	Termal çatlaklar (kırıklar)	Kesme kenarının çentiklenmesi	Kötü iş parçası yüzeyi	İş parçasının küçük parçalar halinde kopması
Uç kalitesinin aşınma dayanımı	↑	↑			↑		↑		
Uç kalitesinin sünekliği				↑		↑			
Kesme hızı	↓	↓	↑	↑	↓			↑	
Diş başına ilerleme	↑	↓	↑	↓	↓				↓
Kesme derinliği			↓	↔				↔	↓
Yanaşma açısı			↔						↓
Kesme kenar pahı	↑		↑					↓	↓
Stabilite			↑					↑	
Soğutma		↑	↑					↔	



: Yükseltin



: Azaltın



: Optimize edin

Frezeleme işlemi esnasında gerekli olabilecek terimler ve kullanılması gereken formüller Çizelge 9.2’de verilmiştir.

Çizelge 9.2 Frezeleme terimleri ve formülleri

Kesme hızı (m/dak)	$V_c = \frac{D_m \cdot \pi \cdot n}{1000}$
Tabla ilerleme hızı (mm/dak)	$V_f = f_z \cdot z \cdot n$
Ortalama talaş kalınlığı (mm)	$h_m = f_z \cdot \sqrt{\frac{a_e}{d_1}}$
Talaş hacmi (cm ³ /dak)	$V_f = \frac{a_p \cdot a_e \cdot V_f}{1000}$

- a_p : kesme derinliği (mm)
 a_e : frezeleme genişliği (mm)
 f_z : diş başına ilerleme (mm)
 d_1 : freze kafa çapı (mm)
 n : devir sayısı (1/dak)

10. TORNALAMA İŞLEMLERİNDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER VE ÇÖZÜMLERİ

Tornalama işlemlerinde karşılaşılabilecek problemler ve çözümleri Çizelge 10.1’de verilmiştir.

Çizelge 10.1 Tornalama işlemlerinde karşılaşılan problemler ve çözümleri(Böhler,2003)

Problem \ Çözüm	Serbest yüzey aşınması	Krater aşınması	Talaş birikmesi	Kesme kenarında talaş birikmesi	Kesme kenarında çentiklenme	Sert metal uç kırılması	Termal çatlaklar	Plastik deformasyon	Darbeli işlem	İş parçası yüzey hassasiyetinin bozulması	Uzun ve dolanan talaş (başlangıçta değil)	Çok dar talaş oluşumu
Sert metal aşınma dayanımı	↑				↑			↑				
Sert metal sünekliği				↑		↑	↑		↑			
Kesme hızı	↓	↓	↑		↓			↓	↑	↑		
İlerleme	↔	↓	↓					↓	↓	↓	↑	↓
Kesme derinliği					↔				↓		↔	↔
Talaş açısı		↑	↑	↓		↓			↔			↓
Talaş kırıcı geometrisi				↔		↔					↔	↔
Kesme kenar durumu				↔					↔			
Köşe radyusu						↑			↑	↑		
Yanaşma açısı				↓								
Stabilite				↑								
Soğutma		↑	↑				↑	↑		↑		

↑ : Yükseltin

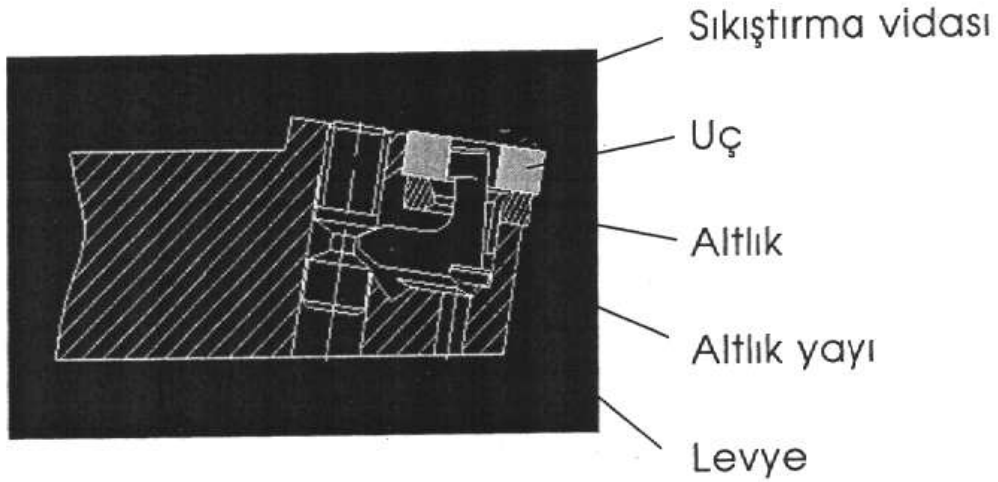
↓ : Azaltın

↔ : Optimize edin

10.1. Tornalama Takımları İçin Sıkma Sistemleri

10.1.1. P-Levyeli Sıkma Sistemi

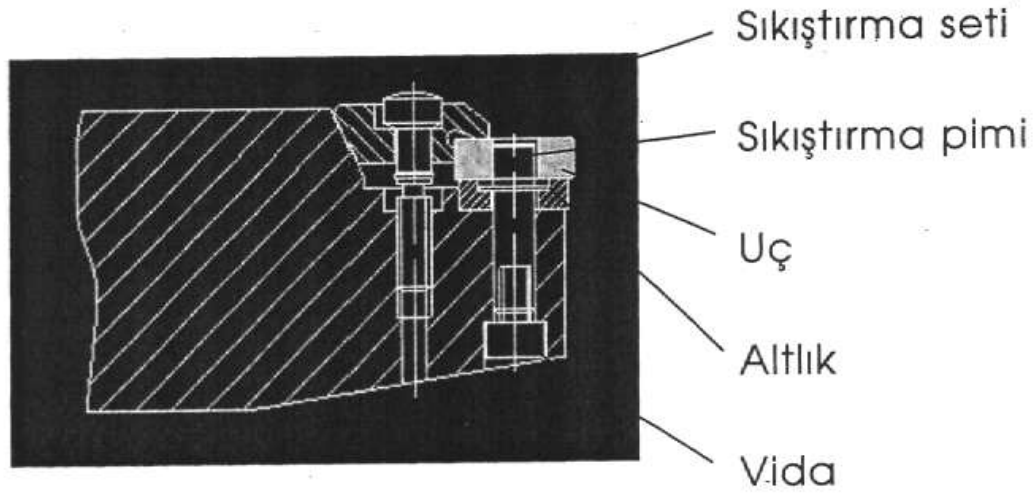
- DIN 4988'e göre imal edilen bütün uçlar kullanılabilir.
- Kullanılan yedek parça sayısı azdır.
- Talaş akışını engellemeyen konstrüksiyon yapısından dolayı talaş birikmesi problemi yaşanmaz.
- Uç değiştirilmesinde mükemmel kolaylık imkânı vardır.
- Sert metal ucun hızlı ve emniyetli bir şekilde bağlanmasını sağlar. Şekil 10.1'de P-Levyeli bir sıkma sisteminin görünümü incelenmiştir.



Şekil 10.1 P-Levyeli sıkma sisteminin şematik görünümü

10.1.2. M - Sıkma Sistemi

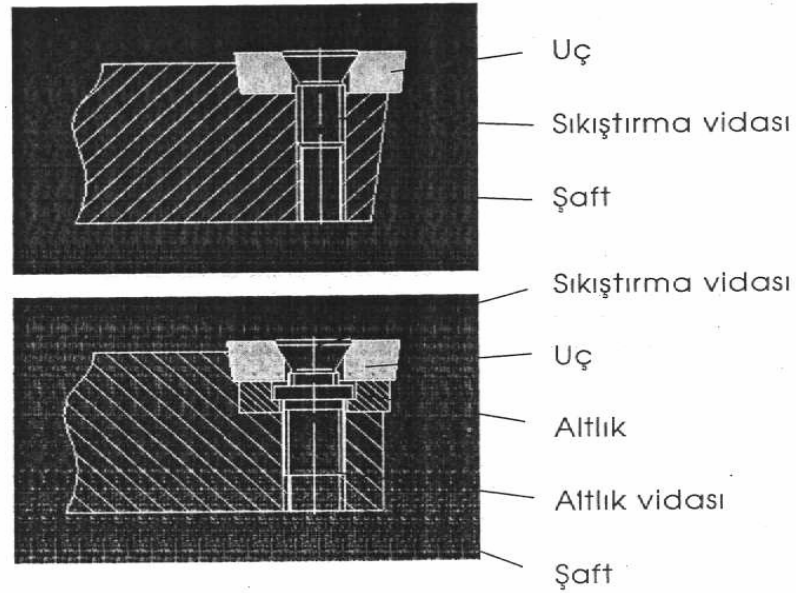
- Sert metal uç'un hızlı ve emniyetli bir şekilde bağlanmasını sağlar.
- İyi bir kesici kenar mukavemeti sağlar.
- Özellikle kopya tornalama işlemlerinde çok uygundur.
- Özel dizayn ile optimum bir talaş akışı sağlar. Bu dizayn Şekil 10.2'de görülmektedir.



Şekil 10.2 M Sıkma Sisteminin Şematik Görünümü

10.1.3. S - Vidalı Sıkma Sistemi

- Kolay ve emniyetli, uç sökme takma avantajına sahiptir.
- Talaş akışını engellemez. Bu avantaj Şekil 10.3’de görülmektedir.
- Maksimum üç yedek parça mevcuttur.



Şekil 10.3 S-Vidalı sıkma sisteminin şematik görünümü(Böhler,2003)

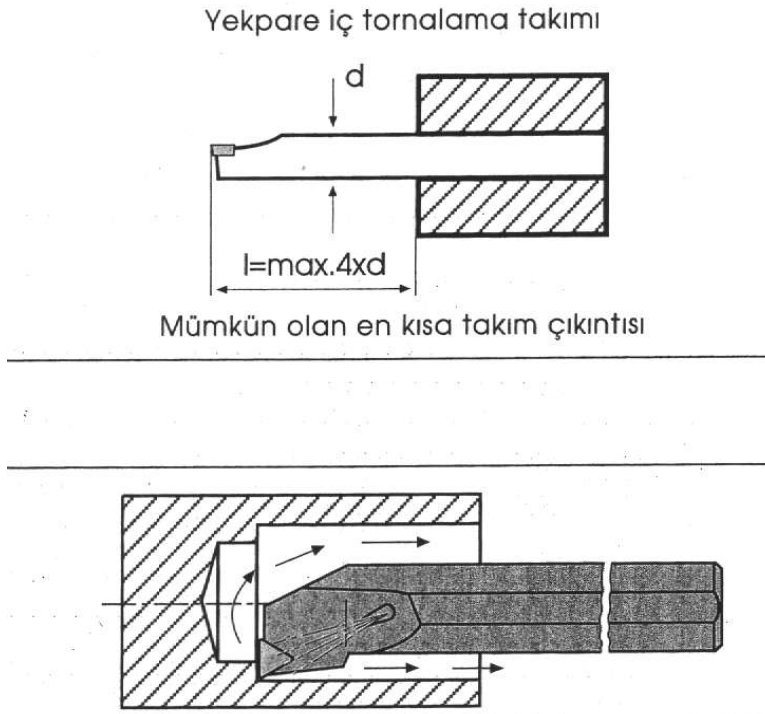
10.2. İç Tornalama İşlemlerinde Takımların Seçimi

İç tornalama işlemlerinde çalışacak akımlar seçerken aşağıda verilen ana noktalara dikkat edilmesi gerekir. Aşağıda genel tavsiyeler belirtilmiştir.

Mümkün olan en büyük şaft çapı seçilmelidir. Şaft için gerekli değer hesabı Şekil 10.4’de verilmiştir.

Takımın dışarıya olan çıkıntısı mümkün olduğunca küçük olmalıdır.

İç tornalama takımlarında doğru ve kuvvetli bağlama sistemi kullanılmalıdır.



Şekil 10.4 Tornalama takımı bağlama sistemi

Kesme sıvısının ya da basınçlı havanın kullanılması, özellikle derin delik veya kör deliklerin tornalanmasında, gerek talaşların dışarıya atılmasında gerekse yüzey kalitesinde olumlu etkiler sağlar.

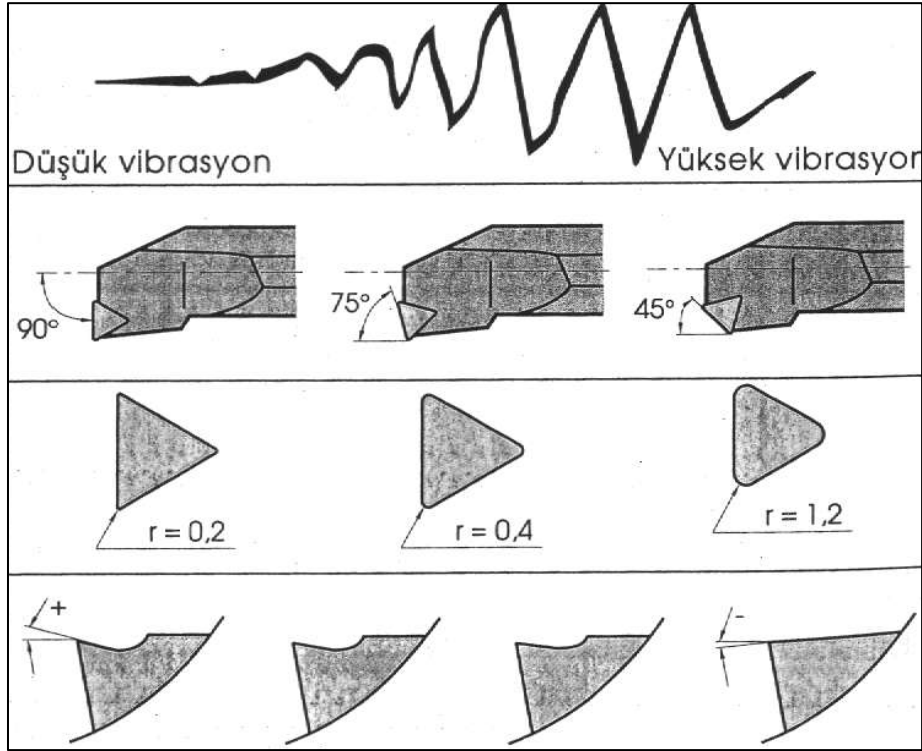
10.2.1. Vibrasyon'a Hassas İşler İçin Göz Önünde Bulundurulması Gereken Faktörler

Ayar açısı (ya da giriş açısı) mümkün olduğunca 90^0 ye yakın olmalı ve 75^0 den aşağıda olmamalıdır. Gerekli giriş açıları Şekil 10.5'te verilmiştir.

Küçük köşe radyusu seçilmelidir.

Pozitif takımlar (S sıkma sistemli takımlar) ve uçlar kullanılmalıdır.

Kaplamasız kaliteler genelde keskin kesme kenarlarına sahiptirler. Bu yüzden düşük kesme kuvvetleri oluşturlar(Böhler,2003).



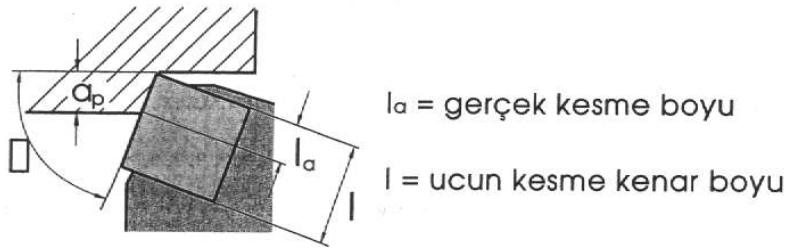
Şekil 10.5 Vibrasyon artışının, kesici uç eğimine etkisi

10.3. Mekanik Sıkmalı Uç Büyüklüğünün Seçilmesi

10.3.1. Kesme Derinliği

En büyük kesme derinliği (a_p) belirlenmelidir. Kenar boyutunun kesme derinliğine etkisi Şekil 10.6’da verilmiştir.

Kesme derinliği (a_p) ve ayar açısı (α) na bağlı olarak gerçek kesme boyu (l_a) na karar verilmelidir.



Şekil 10.6 Kenar boyutunun kesme derinliğine etkisi

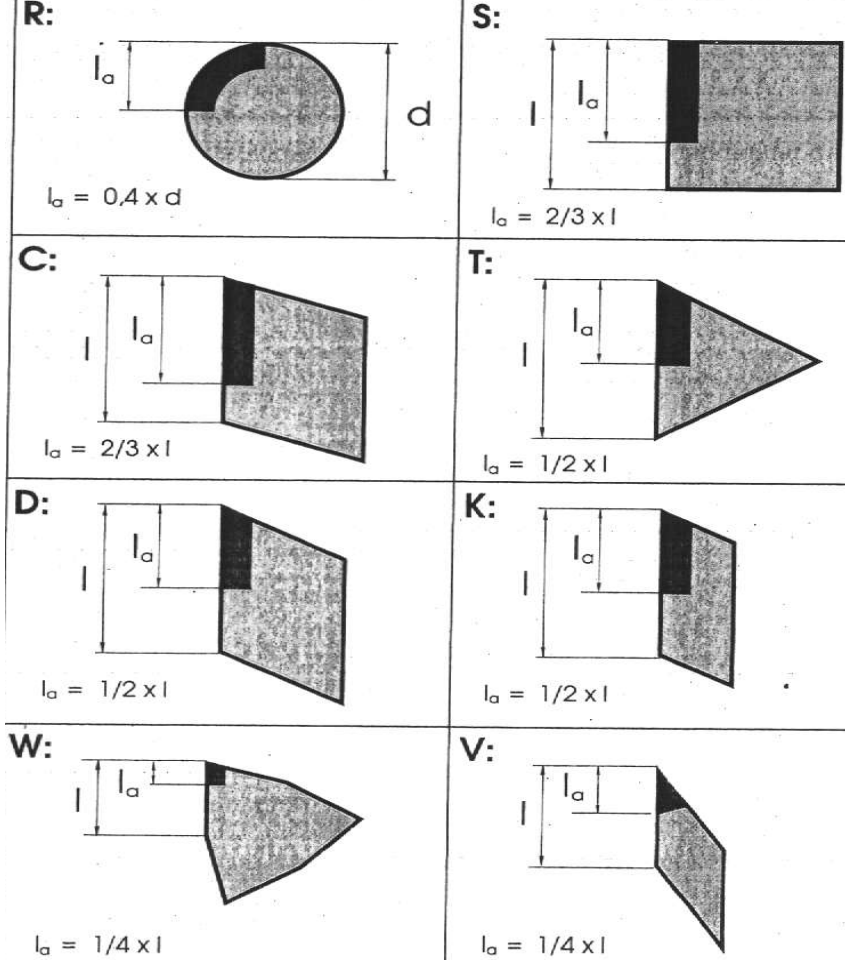
Ucun, minimum gerçek kesme boyunu bulmak için Çizelge 10.2’den yararlanılır.

Çizelge 10.2 Kesme derinliğinin, ayar açısı ile gerçek kesme boyunun hesaplanması

Ayar açısı	Kesme derinliği (a_p) mm										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
	ucun kesici kenarının gireceği gerçek kesme boyu (l_a) mm										
90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15
105 75	1,1	2,1	3,1	4,1	5,2	6,2	7,3	8,3	9,3	11	16
120 60	1,2	2,3	3,5	4,7	5,8	7	8,2	9,3	11	12	18
135 45	1,4	2,9	4,3	5,7	7,1	8,5	10	12	13	15	22
150 30	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30
165 15	4	8	12	16	20	24	27	31	35	39	58

10.3.2. Gerçek Kesme Boyu

Uç açısının, kesme kenarına büyük bir etkisi vardır. Mekanik kesmeli her uç maksimum kesme derinliğinde çalışabilecek, maksimum bir gerçek kesme boyuna sahiptir. Şekil 10.7’de, uç tipine bağlı olarak kaba tornalama işlemlerinde güvenle çalışabilecek gerçek kesme boyları (l_a) verilmiştir.



Şekil 10.7 Çeşitli sıkma sistemlerinin gerçek kesme boyları(Böhler,2003)

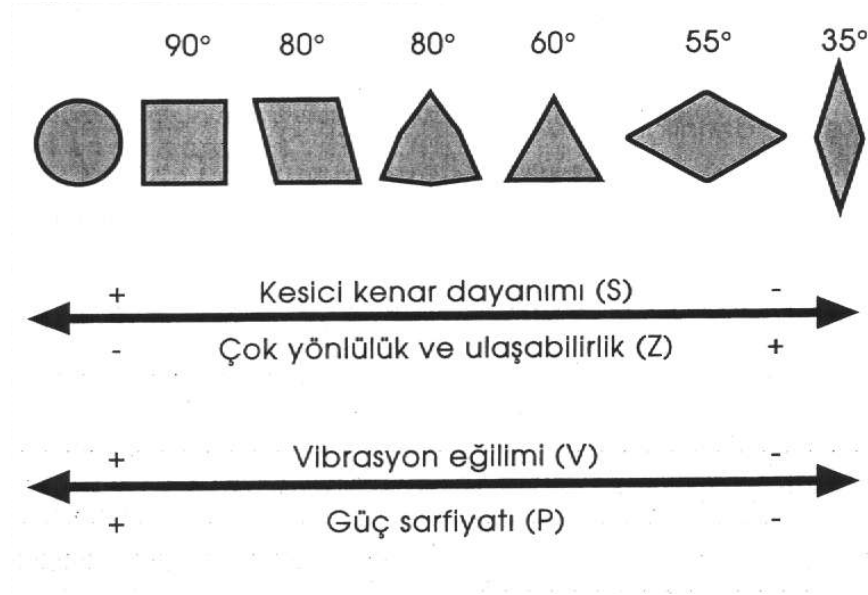
Eğer kesme derinliği, gerçek kesme boyundan büyükse, ya daha büyük bir uç seçilmeli ya da kesme derinliği azaltılmalıdır.Ağır çalışma koşullarında daha güvenli çalışabilmek için ya daha büyük ya da daha kalın uçlar seçilmelidir.

10.4. Mekanik Sıkmalı Uç Şeklinin Seçilmesi

10.4.1. Mekanik Sıkmalı Uç Şekli

Şekil 10.8’de yuvarlak şekilden, 35^0 uç açılılara kadar kullanımı en yaygın olan uçlar gösterilmiştir.

Şekil üzerindeki okun gösterdiği gibi kesici kenar dayanımı (S), geniş uç açılı uçlara gidildikçe artar, derin noktalara ulaşabilirlik (Z) ise şekil üzerinden de görüldüğü gibi sağa gidildikçe artar.



Şekil 10.8 Uç genişliğinin kenar dayanımı ve güç sarfiyatıyla ilişkisi

Vibrasyon eğilimi (V), uç açısı büyüdükçe artmaktadır. Ancak, uç açısı küçüldükçe güç sarfiyatı azalmaktadır(Böhler,1999).

Profil veya konik iş parçalarının tornalanmasında, max kopyalama açısı aşılmamalıdır. Bu ip operasyonlarda iş parçası ile uç kenarı arasında min 2^0 ’lık bir serbest aç sağlanmalıdır.

10.4.2. Köşe Radyusu Ve İlerleme

Mekanik sıkmalı bir uçun köşe radyusu, iş üzerinde anahtar rolü oynamaktadır. Özellikle;

- Kaba tornalama sırasında dayanım;
 - Finiş operasyonlarında yüzey kalitesi;
- üzerinde önemli etkileri vardır.

10.4.3. Kaba Tornalama

Kesme kenarı dayanımı yüksek olmalıdır. Bu yüzden mümkün olan en büyük uç radyusu seçilmelidir.

Büyük uç radyusu, yüksek ilerleme değerlerinde çalışmaya olanak tanır.

Eğer vibrasyon riski var ise uç radyusu küçültülmelidir.

Çizelge 10.3 Uç radyusuna göre maksimum ilerleme değerleri

Köşe radyusu (r) mm	0,4	0,8	1,2	1,6	2,4
Tavsiye edilen max ilerleme değeri (f_n) mm/dev	0,25-0,35	0,4-0,7	0,5-1,0	0,7-1,3	1,0-1,8

Kaba tornalama operasyonlarında, ilerlemenin hiçbir koşulda Çizelge 10.3'deki değerleri aşmaması gerekir. İlerleme değerinin kolayca hesaplanabilmesi F_n kaba $_0,5 \times$ köşe radyusu formülü ile mümkündür(Böhler,2000).

Kaba tornalamada kullanılan uç radyusları genellikle 1,2 ve 1,6 mm'dir.

Bu çizelgede tavsiye edilen maksimum ilerleme değerleri, uç radyusunun $2/3$ 'üne göre hazırlanmıştır.

Daha yüksek ilerleme değerlerinin uygulanabildiği durumular aşağıdaki gibidir;

- En az 60° uç açısına ve iyi bir kesme kenarı dayanımına sahip uçların kullanılması halinde;
- Tek taraflı talaş kırıcı uçların kullanılması durumunda;
- 90° den daha küçük ayar açısının kullanıldığı işlemlerde;
- Normal kesme hızlarında rahatça talaş kaldırılabilen malzemelerin işlenmesinde.

10.5. Sonuç İşlemleri

Bir iş parçasının istenen yüzey kalite ve toleranslarda üretilebilmesi büyük ölçüde uç radyusu ve ilerleme değerine bağlıdır.

10.5.1. Genel Tavsiyeler

Yüzey kalitesi yüksek kesme hızı ve pozitif talaş açılı uçlar ile arttırılabilir.

Vibrasyon riski var ise daha küçük radyuslu uçlar seçilmelidir.

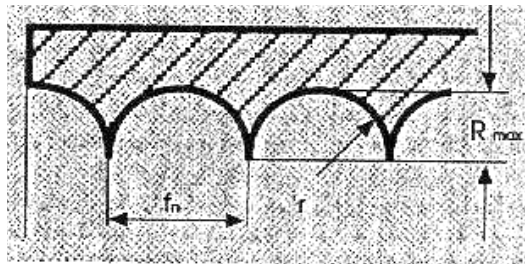
Kaplamasız uçlar kullanıldığında (kesme kenarları, kaplamalı uçlara göre daha keskindir) yüzey kalitesi artacaktır.

Maksimum yüzey pürüzlülüğü değerinin teorik hesabı (R_{max}) aşağıda verilmiştir;

$$R_{max} = f_n^2 / 8r \cdot 1000 (\mu m)$$

İlerleme:

$$f_n = \sqrt{\frac{R_{max} \times 8r}{1000}}$$



Şekil 10.9 Yüzey pürüzlülüğünün teorik hesabında kullanılan değerler

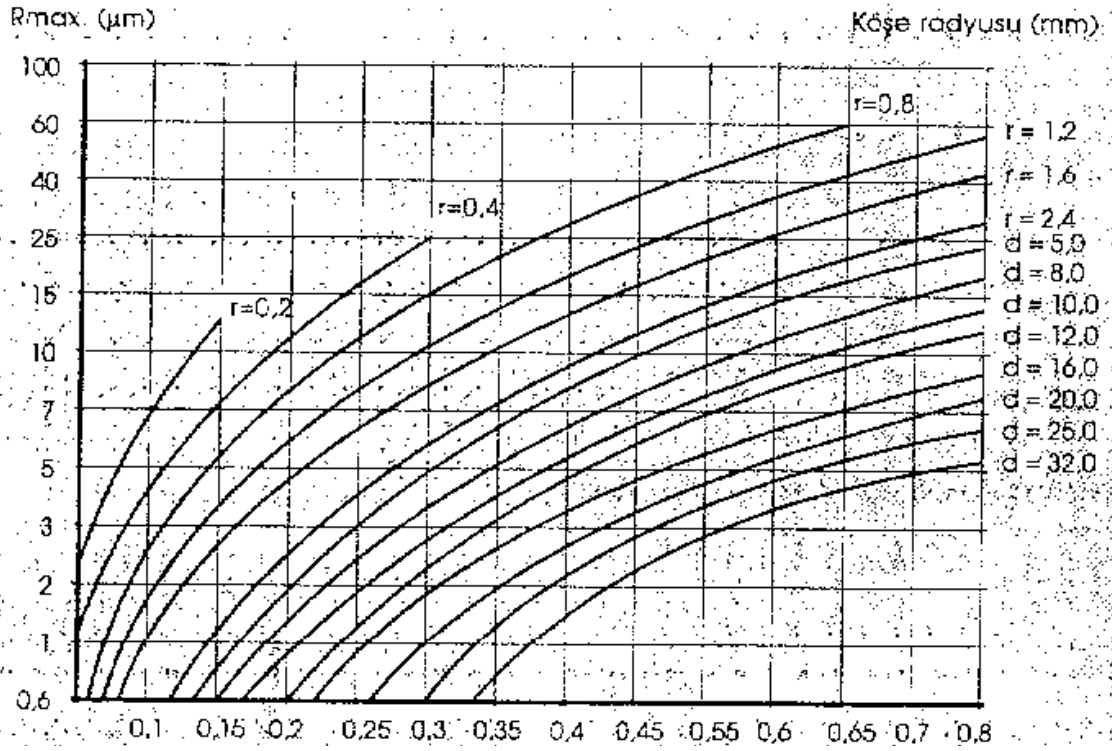
$R_{\max}$ = yüzey pürüzlülüğü

r = köşe radyusu (mm)

f_n = ilerleme (mm/dev)

Çizelge 10.4, ilerleme ve uç radyuslarına bağlı olarak bulunan $R_{\max}$ değerlerini göstermektedir.

Çizelge 10.4 İlerleme ve uç radyuslarına bağlı olarak bulunan $R_{\max}$ değerleri



11. KONU İLE İLGİLİ YAPILAN BENZER ÇALIŞMALAR

11.1. Toz Metalurjisi Yöntemi ile Üretilen Yüksek Hız Takım Çeliğinin Aktive Edici İlavelerle Sinterlenmesi

Yüksek hız çeliklerinin, toz metalurjisinde umut verici bir yönde özelleştirilmiş preformların, son kullanılabilirliğe yaklaşan ebatlar ve şekillerde üretilmesidir. Mükemmel çalışma özelliklerine sahip malzemenin elde edilmesi için porozitenin minimum olması şarttır ($\theta \leq \%2$), bu değer bir kural olarak, sıvı faz sinterlemesi ile elde edilmektedir].

Yüksek hız çelik ürünlerinin sıvı faz sinterlemesi ile hazırlanması sinterleme sıcaklığının, solidüs yakınlarında ± 2 derece sıcaklık içerisinde kontrol edilmesini gerektirir. Ancak bu koşulun yerine getirildiği durumlarda dahi, çeliğin yapısı genellikle makul bir miktarda kaba ötektik karbit ağını içerir. Bu durum çeliğin mekanik özelliklerini ve servis edilebilirliğini, sıcak presleme sonrasında katı hal sinterlemesi ile elde edilen benzeri çeliklerle karşılaştırıldığında büyük oranda azaltır.

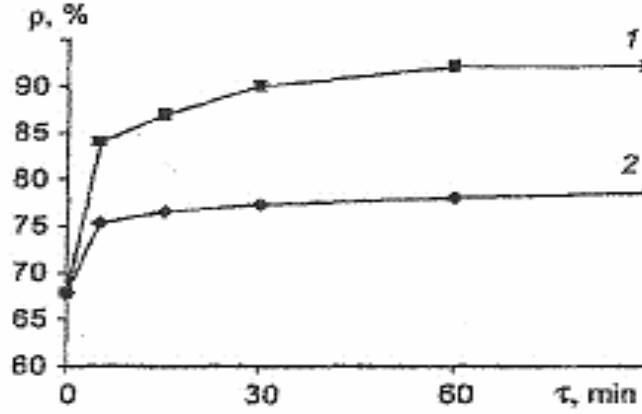
Yüksek hız çelik tozundan çok yoğun ürünlerin hazırlanması için sıvı faz sinterlemesine bir alternatif te delikli sinterlenmiş ingotların sıcak dövülmesidir. Sıcak dövme ingotları genellikle sıvı fazın yokluğunda sinterlenmektedir, ve bu sebeple genellikle yüksek gözenekliliğe sahiptirler (%15 ile 30). Tavlama fırınlarındaki koruyucu ortamın yeteri derecede korunmaması durumunda ingotların ısıtma ve dövmeye nakilleri esnasında oksidize olmaları tehlikesi büyük oranda artmaktadır.

Yüksek hız çelik tozunun aktive edilmiş sinterlenmesi hacim yoğunlaşması hızını arttırırken parçacıklar arası temasların mükemmelliğini geliştirir, bu da sinterlenmiş ingotlarda daha iyi mekanik özelliklerin elde edilmesini sağlar(Baglyuk,2002).

Su atomize yüksek hızlı çelik tozlarının (HSS) kompaktlarının sinterlenebilmesini arttırmak için sıkışma öncesi karışıma küçük miktarlarda grafit eklenmesi Uspenski ve Kulkarni ve ark. tarafından tavsiye edilmiştir. Aynı zamanda, boron, sinterleme esnasında demir tabanlı malzemelerin yoğunlaşmasını arttırmak için kullanılan aktive edici elementtir. Borun, grafitten büyük oranda daha fazla aktiftir. Bor, yüke, amorf bor tozu şeklinde veya %10 ile 30

B ve %70 ile 90 Ni içeren bir kompleksin bileşeni olarak ya da intermetalik Ni_3Nb içerisinde eklenebilir. Mevcut araştırmada, başlangıç malzemesi, %70 Ni - %30 B aktive edici eklenmesi ile R6M5K5 gaz atomize çelik tozunun -400 nm fraksiyonudur. Aktive edici toza, 700 MPa sıcaklığında gerçekleştirilen ingot sıkıştırması esnasında bağlayıcı - plastikleştirici olarak kullanılan sıvı parafinle karıştırılarak eklenmiştir.

Sıkıştırılan ingotlar iki kademedeyi, açıklanan yöntemlere göre sinterlenmişlerdir. Birinci kademe, 900°C ile 950°C ta akan hidrojen ortamında sinterlemedir (bağlayıcının çıkarılması için), ikinci kademedeyi 1180°C, 1200°C ve 1220°C ta 5 ile 90 dakika boyunca sinterlemedir.



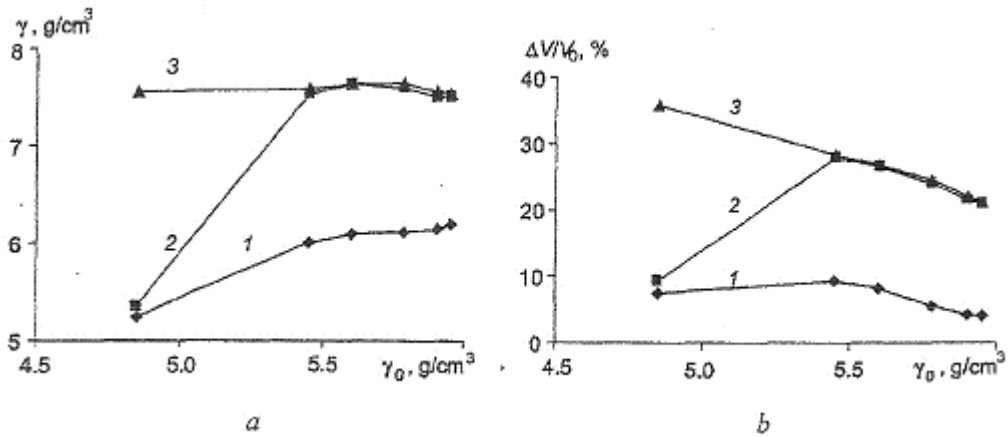
Şekil 11.1 İzotermal tavlama sırasında (1)1180°C, (2)1200°C sıcaklıkta sinterlenmiş malzemelerin yoğunluklarının yüzde değişimi(Baglyuk,2002)

Farklı sıcaklıklarda sinterlenen numunelerin yoğunlukları üzerinde izotermal sinterleme süresi konusunda yapılan testlerde (Şekil 10.1), ilk kademedeyi beklenen yüksek oranlı yoğunlaştırma yüksektir. Bunun sebebi parçacıkların tekrar gruplaşmasında meydana gelen hızlanmadır, bu hızlanma sıvı faz, Ni-B sistemindeki düşük eriyen ötektiğin oluşması sonucunda ortaya çıkmaktadır. En hızlı porozite azalması sürecin ilk kademesinde, ilk 5 ile 15 dakika arasında gerçekleşir. Daha sonra, yoğunlaşma hızı azalır ve 60 dakikadan sonra, $\rho=\rho(\tau)$ eğrisi düz bir hal alır, yani, malzemenin yoğunlaşması pratikte durur. 1180°C ve 1200°C taki büzülme eğrilerinin şekilleri benzerdir ancak büzülmenin mutlak değeri, sonrakinde büyük oranda daha yüksektir. Borid (1124°C) ve karbid (1168°C) ötektiklerinin erime noktaları konusundaki veriler ışığında, bu açıkça, artan sıcaklıkla birlikte sıvı faz

miktardaki artışla açıklanmaktadır. Bu da, refraktör parçacıklarının yüzeyi boyunca sıvı fazın yayılması sebebiyle fazlar arası yüzey alanındaki bir artışla desteklenmektedir. Faz arası alanın artışı sonuçta bileşenler arasındaki difüzyonel etkileşimi hacim difüzyonunda yol uzunluklarını azaltarak hızlandırır ve buna uygun olarak, sıvı faz boyunca kütle transferini hızlandırır. Bu sonuncusu, daha kayda değer hacim etkilerine sebep olan tekrar kristalleşme ile bağlantılıdır

Yukarıdaki düzenliliklerin açıklanmasında malzemenin kütle viskozitesinin artan sıcaklıkla azaldığını dikkate almak gereklidir (farklı sinterleme sıcaklıklarında farklı sıvı faz miktarlarına ek olarak), bu yine sonuçta büzülme hızını artırır. Aynı zamanda, sinterleme sıcaklığının 1220°C ye artırılması örneğin, izotermal tavlamanın erken adımlarında erimesine sebep olur.

Farklı başlangıç yoğunlukları γ_0 değerlerine sahip olan ingotların sinterlenmesi kompakt yoğunluk γ_s de, γ_0 daki bir artışla desteklenmektedir (Şekil 10.2.a). Ancak $\gamma_0 \leq 5.3 \text{ g/cm}^3$ değerinde ve 1180 - 1200°C sıcaklıklarında sinterlenen malzemelerin yoğunluğu kayda değer oranda artar, γ_s in, γ_0 daki ek artışla olan değişimi önemli değildir. Bunun sebebi belirgin şekilde basınç ve malzemenin kütle viskozitesinin gözenekliliği ile olan ilişkisidir. Yoğunluk, belirli bir malzemede karakteristik değere ulaştığında, gözeneklerdeki negatiflik, basınçtaki artış gözenek çapındaki azalışla birlikte gözenekli gövdenin makroskobik viskozitesindeki artışla dengelenmekte ve yoğunlaşma süreci, başlangıç kompakt yoğunluğundan bağımsız olarak sona ermektedir(Baglyuk,2002).



Şekil 11.2. Sinterlenmiş ingotların yoğunluğunun (a), ve göreceli hacim büzülmesinin (b) 1180, 1200 ve 1220°C Sinterleme sıcaklıklarında başlangıç kompakt yoğunluğuna olan bağılılığı

Farklı başlangıç yoğunluğuna sahip olan ingotlarda hacim büzülmesi değişimi özel ilgi çeken bir konudur (Şekil 11.2.b). $\gamma_0 > 5.3 \text{ g/cm}^3$ değerinde büzülmenin, başlangıç yoğunluğundaki artışla birlikte düzenli olarak azalması ile, γ_0 ın daha düşük değerlerinde 1180°C ve 1200°C ta sinterleme sonrasında davranış farklıdır: göreceli hacim büzülmesi, başlangıç yoğunluğundaki düşüş ile azalır (Şekil 11.2.b).

Bu durumun fiziksel olarak açıklanması, yüksek hız çelik tozunun Ni-B aktive edici eklenmesi ile sinterleme mekanizmasının analizine dayalı olarak mümkündür. Araştırılan sıcaklık aralığında sıvı fazın görünümünün, Ni-B sisteminde düşük eriyen ötektiğin oluşumu sebebiyle olduğunu dikkate alarak, artan başlangıç yoğunluğu ile erimenin meydana geldiği parçacık faz arası kontaklarının azalması beklenebilir. Bu sonuçta, oluşan sıvı fazın miktarını azaltır, bu da kapiller kuvvetler sebebiyle parçacıkların tekrar gruplaşması veya sıvı faz üzerinden tekrar kristalleşme ile hacim yoğunlaşması gibi süreçlerin hızlarında azalmalara sebep olur.

Yine, başlangıç yoğunluğunun, 1220°C ta sinterlenen numunelerin yoğunlaşmasında sadece zayıf bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu açıkça, sıcaklıkta oluşan nispeten büyük miktardaki sıvı fazla ilişkilidir, bu da oldukça yüksek oranda bağlanma ve parçacık yeniden gruplaşmasını, kompaktın başlangıç yoğunluğundan bağımsız olarak temin eder.

Aktive edici eklentiler içermeyen yüksek hız çelik toz kompaktlarının sinterlenmesi, 1220°C altındaki sıcaklıklarda kayda değer bir yoğunlaşmanın gözlenmediğini ve %90 dan fazla bir göreceli yoğunluğun sadece 1230°C üzerinde elde edildiğini göstermiştir. Bu yüzden verilen sonuçlar, yüksek hız çelik tozunun sinterleme hızını arttırmak için Ni-B aktivasyon eklentilerinin etkinliğini onaylamaktadır. Numunelerin göreceli hacim büzülmesinin, 1180°C ve 1200°C ta sinterleme sonrasında başlangıç kompakt yoğunluğunun azalmasıyla ($\gamma_0 \leq 5.3 \text{ g/cm}^3$) azaldığı gözlenmiştir. Bu durum, kontak erimesinin meydana geldiği parçacık faz arası alanlarındaki azalma ile açıklanmaktadır(Baglyuk,2002).

11.2. Farklı Katılaşma Hızlarında Tozlardan Elde Edilen Yüksek Hız Takım Çeliğinin Sinterleme Esnasındaki Faz Ve Yapı Değişiklikleri

Yüksek hızlı çelik R6M5F3 tozlarının -630+50 μm parçacıklarının katı fazda 1160°C – 1220°C ve sıvı fazda 1240°C’de topaklaştırılması esnasında kompaktlardaki faz ve yapısal değişiklikler için bir araştırma yapılmıştır. Kompaktların yapısı toz spreyleme esnasındaki süper ısıtma ve soğutma hızlarına bağlı olarak kristal ya da yarı kristaldir. Bu toz içersinde belirli bir boyutta olan parçacıkların hücre yapısı ile ilgilidir. Hücresel yapıda bulunan toz kompaktları yapı gevşemesi ve yeniden kristalleşmenin sonucu olarak katı faz sinterlenmesi esnasında daha yüksek bir çekme oranına maruz kalırlar. Bu işlemlerin gerçekleşmesini sağlayan güç son derece aşırı doymuş kararlı katı çözeltilerin ayrışmasından kaynaklanan, kimyasal potansiyel değişim ve yarı kristal matris yapısındaki artık bağ enerjileridir.

Yüksek hızlı çelik (HSS) kompaktların topaklaştırılması ile ilgili deneysel verilere topaklaştırma toz metalurjisi HSS üretimi ve özelliklerin kontrol edilmesinde önemli işlemlerden biri olduğu için her zaman çok büyük bir ilgi duyulmuştur. Yüksek katılaşma oranlarında elde edilen HSS tozlarının topaklaştırılması yüksek dayanıklılık ve güvenilirliğe sahip çelikler üretme imkanı sunmalarına rağmen tam olarak araştırılmamıştır. Bilinen araştırma raporları ya çok kısadır yada belirli bir madde sınıfına aittir . Makale ve yayınlar genelde birbiri ile uyumlu değildir(Ul’shin,1999).

X ışını kırılma verilerine göre çok kararlı δ fazına ek olarak eriyiğin 10^5 derece/saniye hızında soğutulması ile elde edilen R6M5F3 HSS düzeyindeki tozlarda β -Mn tipinde bir yapı bulunmaktadır. Bu oranda katılaşma kinetik olarak geciktirilir. Yüksek bir sıcaklıkta sıvı fazdaki HSS ’lerin soğutulması ile elde edilen atom pozisyonlarının sıvıdakilere yakın olma ihtimali son derece yüksektir yani sıvı faz “dondurulmuştur”. Bu durumda serbest hacim de dondurulmuştur ve katı çözeltilerin alaşım içeriği de artırılmış olup bu amorf yapıya rekabet edebilecek yeni kararlı yapıların ortaya çıkmasına neden olur. BCC yapısının (δ fazı) sıvı yapısına benzerliğinin önemli bir faktör olduğu açıktır. Bu durumda HSS düzeyindeki R6M5F3 tozları kristal ve amorf yapı arasında bir orta düzey olarak kabul edilebilir ve bunların şekilsizlik düzeyleri sıvı damlacıkların soğutulma hızına bağlıdır. Yapı dengede değildir ya da kararlı ötesidir. Bu tür çeliklerin özelliklerini en üst düzeyde kullanabilmek için yapı durumunun nasıl kararlı hale getirildiğinin anlaşılması ve toz metalurji HSS özelliklerini belirlemek için kararlılaştırma işlemini nasıl kontrol edileceğinin belirlenmesi gerekir.

Bu çalışmada gaz atomize düzeyindeki R6M5F3 HSS toz kompaktlarının katı ve sıvı hallerdeki topaklaşması ile ilgili araştırma sonuçları analiz edilmiştir. Tozlar Ukrayna Bilimler Akademisi Malzeme Bilimi Konuları Enstitüsünde sıvı metallerin gaz atomizasyonu için URS biriminde 1620°C-1650°C erime sıcaklığında konvansiyonel yöntemle ve eriyiğin 1550°C –1580°C 'ye kadar spreylenecek soğutmadan önce 1730°C –1750°C 'ye kadar aşırı ısıtıldığı ısısal zaman uygulaması (TTT) yöntemi ile üretilmiştir. Spreyleme 0,8-10 MPa basınçta bir inert gazla (Nitrojen) gerçekleştirilmiştir. Spreyleme esnasında spreyci ucunda oluşan toz parçacıklarının şekli genelde küresel olmakla birlikte boyutları birbirinden farklıdır. Bu parçacık soğuma oranlarında farklılıkların (10^4 - 10^5 derece/saniye arasında) yani sıra mikro yapı ve faz durumlarında da farklılıklara neden olmaktadır.

Geniş bir boyut aralığı (50-600 μ m) olan toz eleme sonrasında elde edilmiştir. 800 MPa yükte yüzen bir boyada statik soğuk baskı ile 28 mm çapında ve 30 mm yüksekliğinde kompaktlar hazırlanmıştır. HSS tozları sertleştirilmiş (kompaktlığı arttırmak için) ve daha sonra toz kompaktlar SShVL-1.4-16 vakum fırınında $1 \cdot 10^4$ Pa basınç altında topaklaştırılmıştır. HSS tozlarının mikro sertliği sertleştirme sonrasında 306-336 MPa'dır. Katı faz sinterlemesi 1160°C, 1180°C, 1200°C ve 1220°C 'lerde 10, 30, 60, 90 ve 120 dakika boyunca ve sıvı halde ise 1240°C 'de gerçekleştirilmiştir.

Yüksek kristalleşme oranlarında farklı teknolojiler kullanılarak elde edilen HSS tozlarının yapı ve faz kompozisyonları DRON-3 ünitesinde x ışını kırılma analizleri ile belirlenmiştir. BCC kafes parametreleri α_m -martensite daha yakın olan δ -fazını daha net belirleyebilmek için tozlar 680-700°C 'de (A_{ct} 'nin altında) 30 dakika boyunca bir ön sertleştirmeye tabi tutulur. Katı çözeltilerin genelde α_m -martensit olan çok küçük bir kısmı bu sıcaklıklarda ayrışır. δ -, γ - ve α -katı çözeltilerden ve sırasıyla 0,2932, 0,3624 ve 0,2684 nm kafes parametrelerine sahip R6M5F3 düzeyindeki tozların -100+50 μ m durumundaki kırılmaları ile ilgili kırılma grafikleri analiz edilerek bulunmuştur.

Mikro yapılar MIM-10U optik metal mikroskobu kullanılarak analiz edilmiştir. Mikro sertlik PMT-3 ünitesinde karbit ve matris özelliklerini belirlemek ve kesinleştirmek için belirlenmiştir. Türevsel ısı analizler (DTA) MKTA cihazıyla gerçekleştirilmiş olup katı çözeltilerin topaklaştırılması ve ayrışmasında faz dönüşüm sıcaklıklarının belirlenmesi için kullanılmıştır. R6M5F3 HSS tozlarının faz değişim sıcaklıkları $A_{ct} = 825$ C, $T_s = 1227$ C (katısal); $T_f = 1378$ (sıvısal).

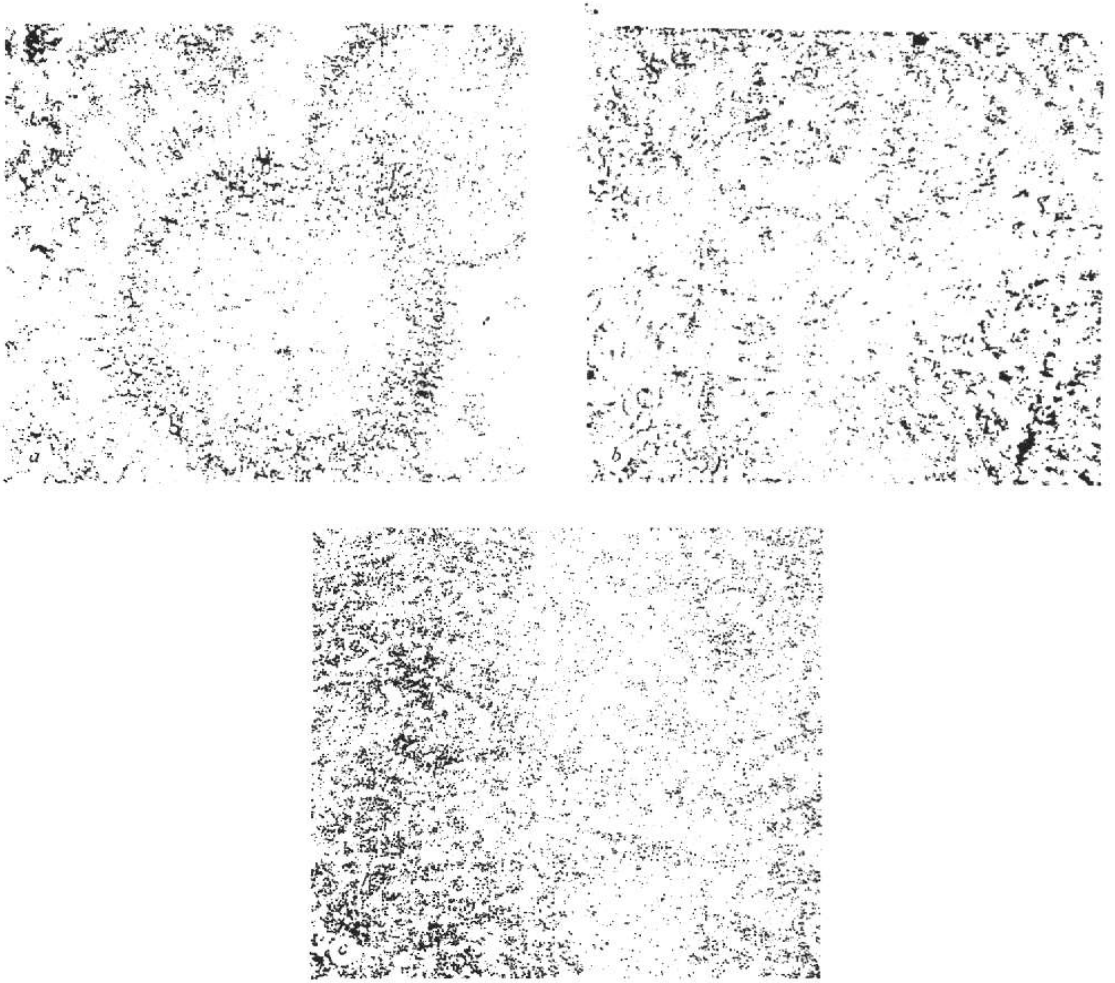
Konvensiyonel spreyleme yöntemi ile elde edilen HSS tozunun metal grafik incelmesi sonucunda -630+160 μm aralığındaki parçacıkların genel olarak dentritik bir yapıya sahip olduğu (Şekil 1a) ve -160+80 μm parçacıkların dentritik-hücrel bir yapıda oldukları (Şekil 1b) olduğu görülmüştür. 80 μm 'den daha az olan toz parçacıklarda dentritik hücrel yapıdan hücrel yapıya dönüşümler gözlenmiştir (Şekil 1c). Bu rasgele yakın paketli ışınla bir araya getirilmiş kristal yada kristal olmayan yapılar için dağınık polihidra sürekli mozaik modelidir. Hücrel ve dentritik hücrel yapılardaki tane bağlarında genelde kapsama olmazken dentritik yapıda olanlar karbit fazındaki küresel ya da şekilsiz kaplamalarla doldurulur. [3,8.11]'de gösterildiği gibi parçacık boyutu küçüldükçe buna paralel olarak soğutma oranı da 10^4 'ten 10^5 derece/saniyeye çıkarılmış, yumuşak δ -faz miktarı artmış (%80) ve östenit ve martenzit gibi daha sert katı fazlar azalırken maksimum erimi de bozulur. 0,5 μm 'den düşük boyuttaki ince bağlanmış karbid zincirleri 2-5 μm boyutundaki tanelerin (dallar) bağlarında bulunurlar. Konvansiyonel spreyleme yöntemi ile elde edilen toz yapıların fotomikrografları ve 50,100 ve 400 μm boyutlarındakiler Şekil 1a,b ve c'de gösterilmiştir.

Spreyleme TTT uygulaması ile gerçekleştirildiğinde, eriyiğin homojenleştirilmesi ve termodinamik olarak kararlı hale getirilmesi granül metrik yapının daha küçük parçacıklara kaymasına neden olur. Konvansiyonel spreyleme yöntemi ile karşılaştırıldığında 100 μm parçacıkların yoğunluğu %45'ten 52'ye çıkar ve 630 μm parçacıklarınki de %4'ten 2'ye düşer; alaşımdaki serbest enerji ve katı çözültideki alaşımların konsantrasyonu artar ve HSS tozların faz kompozisyonu ve mekanik özellikleri de değişir. Pratikte -400+50 μm aralığındaki tüm parçacıklar hücrelidir. Akışkanlık 23'ten 20 saniyeye çıkar ve mikro sertlik 780-880'den 750-780 MPa 'ya düşer. İnce ve kalın parçacıkların -630+50 μm granül metrik kompozisyonu ile TTT yöntemi ile spreylenen tozlar için 5,0 g/cm³ (%62) oranında daha yüksek bir “fiili” gözenek yoğunluğu elde edilir (genel yöntemle hazırlanan tozlarda bu 4,6 g/cm³ (%57)). Kompaktların yoğunlukları yaklaşık olarak 6,3-6,4 g/cm³ (%78-79)'dur. Konvansiyonel olarak spreylenen tozlara göre daha yüksek bir “fiili” yoğunlaşma elde edilebilir (TTT ile toz spreyleme için %17 iken burada %23), ve bu da kompaktlama yöntemi ve güce bağlı olan kompaktlama parçacık paketlemenin daha yoğun olmasına bağlıdır(Ul'shin,1999).

Daha önce de bilindiği gibi eşit boyuttaki kürelerin maksimum paketleme yoğunluğu %68'dir. Konvansiyonel olarak spreylenen ve TTT uygulaması ile atomize edilen, dallı ve hücrel yapılara sahip olan tozların “gerçek” gözenekli yoğunluklarının da belirlenmesi gerekir. Beklendiği gibi dallı yapıya sahip olan ve konvansiyonel yöntemle hazırlanmış tozun

“gerçek” gözenekli yoğunluğu $5,25 \text{ g/cm}^3$ (%65) olup ideal paketlenme yoğunluğuna (%68) oldukça yakinken, TTT yöntemi ile spreylenen tozların “gerçek” gözenekli yoğunluğu aynı düzeyde $5,12 \text{ gr/cm}^3$ kalmıştır (%62,5). Buradaki %2,5’lik fark hücrel bir yapı sonucu dengesiz faz ve δ ve diğer kararlı ötesi fazların konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 11.1’de de görüldüğü gibi TTT, HSS tozlarına daha yüksek büzüşme (%6) gibi değişik özellikler kazandırmaktadır (konvansiyonel tozlarda bu oran %1). R6m5F3 HSS ’in daha ince parçacıklarında konvansiyonel spreyleme ile elde edilen tozların topaklaştırma esnasında daha büyük parçacıklara göre %2-5 kadar daha fazla bir sıkıştırma gösterdiği görülmektedir.



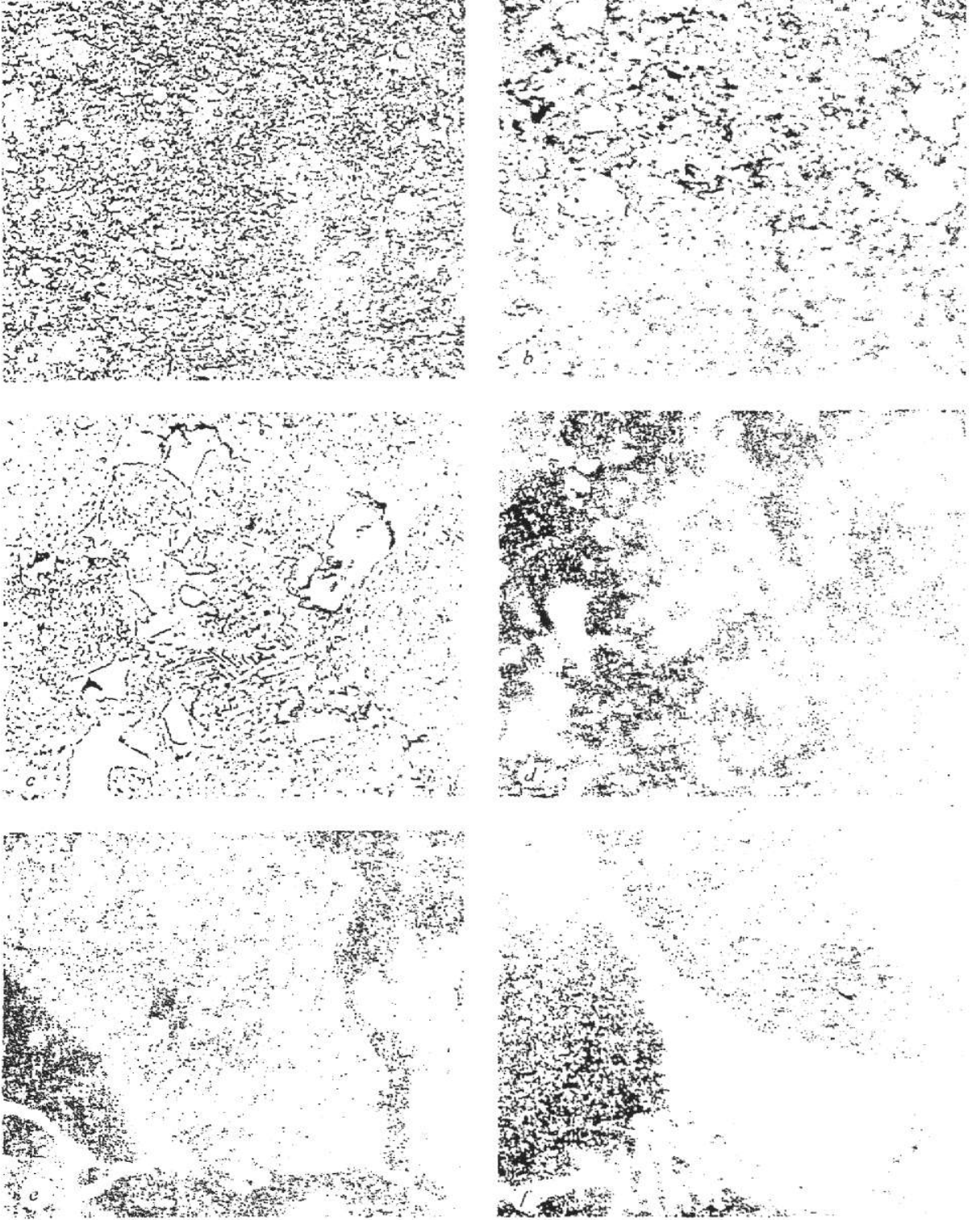
Şekil 11.3. Konvansiyonel spreyleme (x600) ile elde edilen R6M5F3 düzeyinde yüksek hızlı demir tozlarının mikro yapısı

Yapının dengede olmaması HSS tozlarının pratikte kullanımları ile ilgili önemli bir konudur. Yarı kristal yapının eriyiğin soğutma yada homojenleştirme hızına göre değişme oranı (TTT ile termodinamik dengeleme) ilgili ekipmanlarla uygun koşullarda gerçekleştirilir. Yani bu

HSS eriyiğinin şekilsiz bir yapı oluşturabilme özelliğine bağlıdır. Soğutma hızı toz parçacık boyutuna bağlıdır. Bu nedenle herhangi bir belirli yapının HSS tozunun şekilsiz örneğin hücresel olma yeteneği için bir kriter olarak alınabilmesi ve bu yapıdaki parçacıkların kritik boyutunu belirlemek için kimyasal kompozisyonun etkilerini ve HSS'in amorf hale gelme kapasitesi içersinde eriyiğin termodinamik kararlılığına etkisi değerlendirilebilir. Örneğin URS-40 ünitesinde üretilecek olan R6M5F3 HSS tozunun ne kadarının amorf olacağı kritik parçacık büyüklüğündeki aralıklardan yani $-100+50\ \mu\text{m}$ (konvansiyonel atomlaştırma yöntemi) ve $-400+50\ \mu\text{m}$ (TTT ile atomlaştırma) tahmin edilebilir. Bu tahminler yarı kristal yapının HSS tozlarının kompaktlığı, topaklaştırılması ve diğer özelliklerinin araştırılması konularında son derece faydalıdır. Yüksek hızlı çeliklerin özelliklerinin hazırlama yönteminden ayrı olarak kontrolü gereken yapı dağılımı ve katı çözelti alaşım içeriğini garanti etmek için ihtiyaç duyulan HSS tozundaki kritik parçacık boyutunun çekme miktarı kontrol edilerek gerçekleştirilebilir.

Çizelge 11.1 R6M5F3 düzeyinde yüksek hızlı toz kompaktların $1180\ ^\circ\text{C}$ 'de 1 saat boyunca sıkıştırma ve topaklaştırma sonrasındaki özellikleri

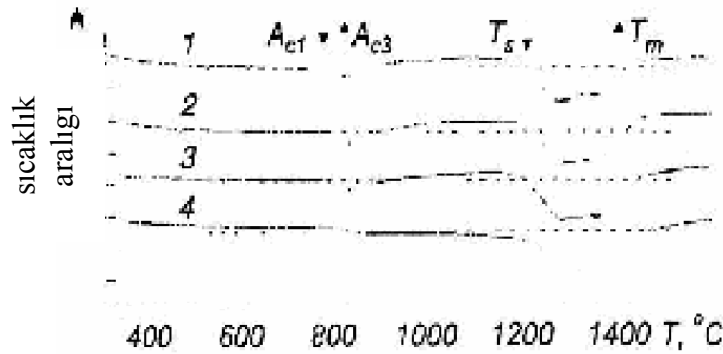
Yöntem	Sıkıştırma sonrası yoğunluk g/cm^3	Yoğunlaşma (%)	Topaklaştırma sonrası yoğunluk g/cm^3 (%)	Çekme (%)
Konvensiyonel	6,3 (78)	23	6,4 (79)	1,0
TTT	6,4 (79)	17	6,9 (85)	6,0



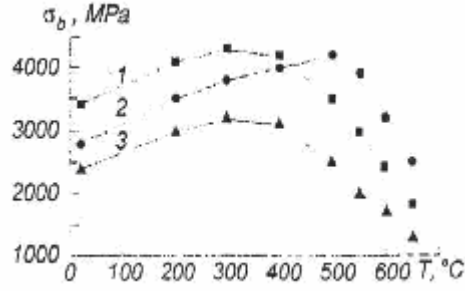
Şekil 11.4. Konvensiyonel olarak spreyleneş tozlardan yapılan HSS kompaktların mikro yapısı. Aralık -630+50µm, sinterleme rejimi: (a) 1180 °C, 30 dakika, (b) 1160 °C, 120 dakika, (c) 1180 °C, 120 dakika; Aralık -100+50 µm, sinterleme rejimi: (d) 1200 °C, 120 dakika, (e) 1220 °C, 120 dakika, (f) 1240 °C, 30 dakika. Büyüölmeler. (a,b,c) 600; (d,e,f)900

HSS tozlarının yarı kristal yapısı ve kritik parçacık boyutları ile ilgili önerilen fikirler granül metrik durumda $-630+50$ μm kompakt tozların katı fazda topaklaştırılması esnasındaki çekmeleri için yapılan deneylerde elde edilen sonuçlara uymaktadır: $-100+50$ μm aralığındaki kritik boyuttaki parçacıkların oranının %17-20 olduğu konvensiyonel spreyleneş tozlarda %1 ve $-400+50$ μm aralığındaki kritik boyuttaki parçacıkların oranının %80'i geçtiğı TTT ile spreyleneş tozlarda %6 olduğu araştırmalar sonucu bulunmuştur.

Sinterlenmiş kompaktların mikro yapıları üzerinde yapılan incelemeler ince bir biçimde yayılmış olan yapının yüksek bir termal dengeye sahip olduğunu ve $950-1160$ $^{\circ}\text{C}$ aralığındaki dağılık karbit çözeltisinin katı çözeltinin ayrıştırılması ile kaplama alanlarının çok miktarda arttığını göstermektedir. Tüm katı faz sinterleme sıcaklıklarında ($1160-1220$ $^{\circ}\text{C}$) 60 dakika boyunca izotermal sertleştirmeden sonra, karbit fazi oldukça yüksek düzeyde yayılmış olarak kalır. Karbit tane büyüklüğü $1,5-2,0$ μm 'yi geçmez (Şekil 10.5). Mekanik özelliklerde hızlı bir düşüşe neden olabilecek hiçbir izole edilmiş eriyik çekirdeğine Şekil 10.4'de rastlanmamıştır. Tüm katı faz sinterleme sıcaklıklarında ($1160-1220$ $^{\circ}\text{C}$) belirgin bir karbit büyümesine sadece 90-120 dakika izotermal sertleştirme sonrasında rastlanmıştır. Bu şartlar altında kompakt yoğunlukta herhangi bir diğer önemli artış görülmez yani topaklaşma pratikte tamamlanmıştır. Diğer taraftan daha düşük alaşım elementleri ve karbon konsantrasyonunda ayırma ve katılaşma devam eder.



Şekil 11. 5 Konvensiyonel spreyleme ile elde edilmiş R6M5F3 düzeyinde kompakt, yüksek hızlı çelik tozlarının DTA Eğrileri: Aralık (1) $-160+50$, (2) $-630+50$, (3) $-630+315$ μm (4) özel döküm



Şekil 11.6 Değişik yöntemlerle hazırlanan yüksek hızlı R6M5F3 çeliklerinin sıcaklık bağımlılıkları (1) Denprospetsstla Tesisi (2) Ukrayna Ulusal Bilimler Akademisi Malzeme Bilimi Konuları Enstitüsü, (3) Standart GOST 19265-73

Şekil 11.6’de görüldüğü gibi 1160 °C, 1180 °C ve 1200 °C sıcaklıklarda 120 dakika boyunca ısıtılma sonucunda yarı kristalden kristal duruma açık bir geçiş vardır ve bu esnada bir çok değişik geçiş yapısı, tane bağlarının ortadan kalkması ve 50-200 µm boyutlarına kadar büyük parçacıkların oluşumu gerçekleşir. Bu M23C6 (Şekil 11.4), M6C ve MC (Şekil 11.4) ve bunların mikro sertlik değerlerinin x ışını ile analizi ile belirlenir: 960-1050 MPa, 1350-1580 MPa ve 2850-3300 MPa. Daha yüksek sıcaklıklarda (1210 °C -1220 °C) ağların çözelti oranı ve küresel dağılım kaplamaları o kadar hızlıdır ki sertleştirme rejimleri arasında önemli bir fark görülmez (Şekil 11.4). Esas karbit fazları küresel parçacıklar halindeki M6C ve MC karbit aşamalarıdır.

Dengesiz çekirdekleşme sonucunda karbit aşamaları çok hızlı büyür ve bunun sonucunda yarı kristal matris yapısı kademeli olarak ortadan kalkar (Şekil 11.4). Sertleştirme sonrasında oluşan yeni matrisin yapısı farklı bir dağılım düzeyi olan ve azami erime kabiliyetine sahip bir ferrit-karbit karışımıdır (%4’lük HNO₃ alkol çözeltisinde daha koyu görünmekte Şekil 11.4). Sıvı halde topaklaştırma rejiminde (1240 °C , 30 dakika) azami erime kabiliyeti yeni tanelerin bağlarında görülür (Şekil 11.4)

Karbit faz değişimleri M23C6 → M6C → MC aşırı çözülmüş katı çözeltiye alaşım ve karbon elementlerinin yeniden dağıtılması ile gerçekleşir. İzotermal katı faz topaklaştırma esnasında tane bağlarındaki daha küçük karbit parçacıkların çözeltisi (ağı) Kirkendall etkisi sonucunda gözenek oluşumuna sahne olur ancak daha küçük karbitler tamamen çözülmediğinden MC karbitleri etrafındaki aşırı doymuş olan çözelti içerisinde küresel karbit şekilleri görülür (Şekil 11.4). Tane bağlarının etrafındaki büyük küresel karbitler bu yerlerdeki katı çözeltinin ayrışması sonucu ayrışma ve yeniden kristalleşmelerle yada maksimum eriyebilme

kabiliyetine sahip sıvının katılaşması sonucu ortaya çıkmış olabilir. Bu durumda ortaya çıkan tane bağlarında iki aşamalı bir yapı söz konusudur (Şekil 11.4). Aynı zamanda 10 derece/saniye sabit hızda ısıtma sonucunda elde edilen DTA ısı grafikleri A_{c1} sıcaklık aralığı ve T_m erime noktasında kompaktların katı faz topaklaştırma esnasında eğrilerin şekil ve eğimlerinden de görüleceği gibi ısı ortaya çıkmıştır (Şekil 11.5). Bu işlemlere döküm numunelerde rastlanmamıştır (Şekil 11.5). Görüldüğü gibi yapı gevşeme, ayırma, çözme, kristalleştirme ve tanecik büyüme kinetiği bir dizi karmaşık dönüşümler sonucu ve bir dizi kararlı ötesi yapılardan sonra ortaya çıkmaktadır. Bu tür işlemlerde son derece aşırı doymuş katı çözeltilerin özellikleri iki mekanizmaya bağlıdır: spinodal ayrışma yada atomlaşma ve büyüme; bunlar muhtemelen eş zamanlı olarak gerçekleşmektedir. Bunlar topaklaşma esnasında sadece büzüşme değil aynı zamanda yüksek sıcaklık elastikliği ve yüksek sıcaklık eğilme dayanıklılık gücü gibi özellikleri de belirlenmektedir (Şekil 11.6). Bununla birlikte tercih edilen dönüşüm mekanizmasının küçük konsantrasyon dalgalanmalarında ve düşük yüzey enerjisi ile gerçekleşeni yani katı çözeltili ayrışmasının spinodal mekanizması olması beklenmektedir (Ul'shin, 1999).

Bu nedenle katı faz topaklaşma esnasında küresel karbitlerin üç elemanlı kesişimlerde ve tane bağları boyunca çökmesi (Şekil 11.4) ara yüzlerdeki katı çözeltili ayrışmasının özellikleri ile ilgilidir. Hücresel yapıdaki toz kompaktlarının artan büzüşmesi yani konvensiyonel spreyleme yada TTT uygulaması ile elde edilen kritik parçacık boyutu iki işlemin birbirine yakınlştırılması ile açıklanabilir: yapı gevşemesi ve yeniden kristalleşme. Bu işlemleri gerçekleşmesine neden olan güçler son derece aşırı doymuş kararlı ötesi katı çözeltilerin (δ , γ , α , ..) ayrışması sonucu oluşan kimyasal potansiyel değişiklikler ve matrisin yarı kristal yapısındaki fazla tanecik bağ enerjisidir.

HSS matrisinin yarı kristal yapısı ile ilgili önerilen fikirler sadece topaklaştırma esnasındaki anormal düzeydeki difüzyon aktivitesini açıklamakla kalmayıp Ukrayna Bilimler Akademisi Malzeme Bilimi Konular Enstitüsünde geliştirilen tekniklerle elde edilen toz metalürji HSS 'e ait bir çok diğer özelliği ve davranışı da etkiler: yüksek kırılma dayanıklılığı $K_{Ic}=40-45 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$; çatlak yüzeyin yapısı; bükülme esnasındaki yüksek dayanıklılıkla birlikte kayma ve yumuşama ($\sigma_b=3000-3400 \text{ MPa}$); yüksek sıcaklıklarda ($\delta=630$, $\varepsilon=10^{-2}/\text{saniye}$, $T=900-1150 \text{ C}$) akışkan süper plastik akış kapasitesi [18]; yüksek sıcaklıktaki bükülme dayanıklılığının anormal davranışı. Şekil 10.6'da da görüldüğü gibi her iki eğrinin de (sırasıyla Denprospetsstal fabrikası ve Malzeme Bilimleri Konuları Enstitüsünden) eğilme

dayanıklılığının maksimum değeri 4200 MPa'dır ancak ikinci eğride bunun yerine daha yüksek bir sıcaklık gelmiştir. 300-400 °C 'den 500-550 °C 'ye ve bu da optimum kesme rejimine uygundur. Bu Malzeme Bilimi Konuları Enstitüsünce geliştirilen tekniklerle üretilen HSS tozlarından üretilen kesme cihazlarının Dneprospetsstal fabrikasında üretilenlerden 2-2,5 kat ve diğer önde gelen yabancı üreticiler olan Alman Protoyp ve Japon Vischer und Bolly şirketlerinden daha iyi olmasının nedenlerinden birisidir. Araç kesme düzeyleri ile ilgili karşılaştırmalı testler Budapeşte'de Endüstriyel Teknoloji Enstitüsünde ISO gerekliliklerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Isı uygulanmış 288HB sertlikteki çelik S60 külçeleri aletin kesme ucundaki kısım 0,3 mm olana dek makineden geçirilmiştir.

Bu nedenle yapılan araştırmalar toz metalürji HSS için özelliklerin geliştirilmesi işlemi sıvı halde başlamaktadır. Bu tür çeliklerde çok üstün mekanik özellikler elde etmek için ilk kriter HSS tozundaki parçacıkların hücresel yapı görünümünün eriyikten hızlı bir biçimde soğutulmasıdır. Bu sıvı metalin (-10^3 - 10^5 derece/dakika) aşırı ısıtma (TTT) yada sıvıya hidroelektrik çekici uygulama ile gaz atomlaştırması için kullanılan ekipmanla gerçekleştirilebilir. Hücresel yapının yapısal gevşemesi ve yeniden kristalleşmesi topaklaşma esnasında daha fazla büzülmeye neden olur. Bu işlemin gerçekleşmesine neden olan kuvvet son derece aşırı doymuş kararlı ötesi katı çözeltilerin ayrışması sonucu ortaya çıkan kimyasal potansiyel değişiklikler ve matrisin yarı kristal yapısından kaynaklanan fazla tanecik bağ enerjisidir. Bu hususlar HSS eriyiğinin atomlaştırma için hazırlanması ile ilgili aşamalar, atomlaştırma işleminin kendisi ve topaklaştırma rejimlerini, sıcak plastik deformasyon ve nihai ısı uygulamasının daha derin biçimde incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

12. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Toz metalürjisi yöntemiyle üretilen sert metallerin ve kesici uçların, geleneksel yöntemle üretilen takımlarla ve kesici uçlarla karşılaştırılması için Böhler Sert Maden ve Takım Sanayi ve Ticaret A.Ş. de üretilmekte olan 4 farklı parça ile çeşitli deneyler yapılmıştır.

Bu deneyler sırasında kullanılan uçlar SB20, HB40, SB30 ve HB10 yapısındaki kesici uçlardır. Bu uçların üretim sonrasında, sertlikleri ve yoğunlukları ölçülmüş, eğme dayanımları hesaplanmış, poroziteleri bulunmuş, kaplamalı ve kaplamasız olarak mikro yapıları incelenmiştir.

Görülmektedir ki, toz metalurjisi ile üretilen kesici uçların yüksek devirlerde dayanımları, geleneksel yöntemle üretilen parçalara göre çok daha yüksektir. Aynı şekilde homojen dağılım incelendiğinde, toz metalurjisi ile üretilen parçanın çok daha kaliteli olduğu görülmüştür.

12.1. Çalışma Planı

Bu deneysel çalışmamızda WC esaslı tozlar kullanılmıştır. 4 farklı bileşimdeki tozlardan kesici uç üretimi incelenmiştir. Tozlar öncelikle soğuk prese sokulmuş, nihai şekli verildikten sonra ön sinter işlemi görmüştür. Bazı parçalar doğrudan sintere de sokulabilmektedir. Nihai şeklini alan parçalar çeşitli ısıtma işlemlere tabi tutularak kaplamaya hazır hale getirilmişlerdir. Son olarak da CVD kaplama yapılarak kesici uç kullanıma hazır hale getirilmiştir. Sinter sonrası istenilen sertliklerin ve mekanik özelliklerin elde edilip edilmediği kalite kontrol aşamaları ile desteklenmiştir.

12.2. Numune Hazırlama

İstenilen toz bileşimi üretilmek üzere sipariş edilmiş, belirli şarjlar şeklinde temin edilmiştir. 4 farklı numune üzerinde çalışılmıştır. Aşağıda deneysel çalışmalarda kullanılan numunelerin yüzde bileşim değerleri verilmiştir.

SB30 Kesici Uçlarının Kimyasal Bileşimleri

WC : %70-75

TiC : %10-12

TaC: %8-12

Co : %8-12

dan meydana gelmektedir.

EB40 Kesici Uçlarının Kimyasal Bileşimleri

WC : %80-85

TiC : %2-4

TaC: %2-4

Co : %10-12

dan meydana gelmektedir.

HB20 Kesici Uçlarının Kimyasal Bileşimleri

WC : %90-95

TiC : %1-3

TaC: %1-3

Co : %6-7

dan meydana gelmektedir.

HB10 Kesici Uçlarının Kimyasal Bileşimleri

WC : %90-95

TiC : %1-3

TaC: %1-2

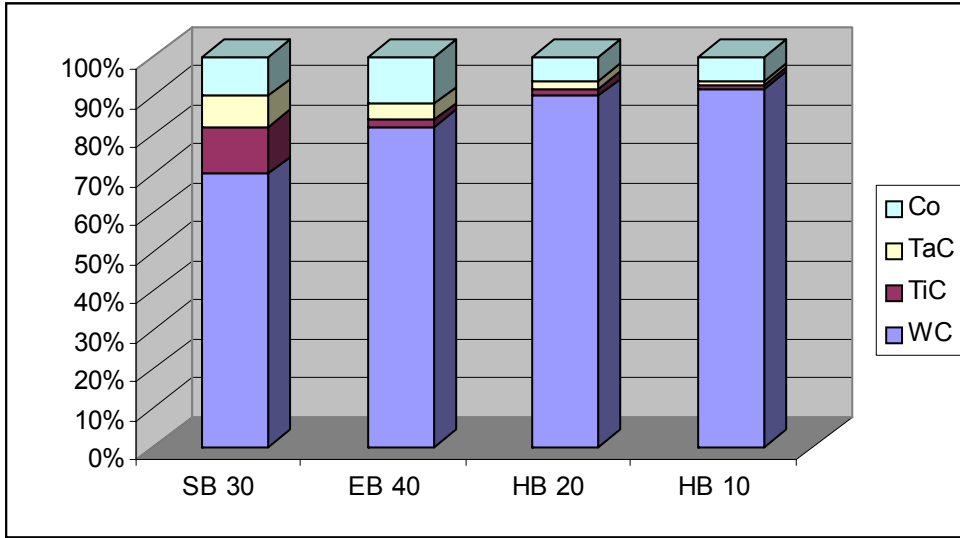
Co : %6-9

dan meydana gelmektedir.

Çizelge 12.1 Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların kimyasal bileşim çizelgesi

	WC	TiC	TaC	Co
SB 30	70-75%	%10-12	%8-12	%8-12
EB 40	%80-85	%2-4	%2-4	%10-12
HB 20	%90-95	%1-3	%1-3	%6-7
HB 10	%90-95	%1-3	%1-2	%6-9

Çizelge 12.2 Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların kimyasal bileşim grafiği



12.3. Presleme

İstenilen parça şeklinin elde edilebilmesi için, önceden hazırlanmış olan parça kalıbı pres makinasına yerleştirilmiştir. Kalıp üst erkek ve alt dişi olmak üzere iki parçadan meydana gelmektedir. Toz alt dişiye doldurulduktan sonra, üst erkek 1ton/cm^2 baskı uygulayacak şekilde preslenmiştir. Gerekli durumlarda 125ton/cm^2 kuvvete kadar ulaşılabilir.

Pres sonucu parça tebeşir sertliğine ulaşmaktadır. Bu sayede fırına önsinter için yerleştirilmesi kolaylaşmakta, aynı zamanda sinter öncesi elde edilecek parça gözlenme fırsatı bulunmaktadır. Önceden belirlenmiş hacimce küçülme değerleri önsinter sonucu izlenebilmektedir.

12.4. Sinterleme

Soğuk presten çıkan parça sinterlenmek üzere hazırlandı. Kullanılacak sinter fırını içerisinde N gazı yakılarak temizlenen fırına daha sonra oksijen gazı verildi. Böylece ortamdaki oksijen tüketilmiş olur, parçanın üretim esnasında oksitlenmesi engellendi. Daha sonra kademeli sinterleme yapılmaya başlandı. Fırın önce parçanın ergime sıcaklığının $\frac{1}{4}$ 'üne kadar ısıtıldı ve bu sıcaklıkta belirli bir süre beklendikten sonra iç gerilme oluşturmayaacak şekilde sıcaklık 1500 °C'ye arttırıldı. Bu sinterleme kademeleri yaklaşık olarak 20 saat sürmektedir. Sinter sonrası parçalar havada soğutuldu.

12.5. Isıl İşlemler

Sinter sonrası parçaya isteğe göre çeşitli ısıl işlemler uygulanarak, hassasiyet ve yüzey düzgünlüğü optimum seviyelere ulaştırılmaktadır.

Sinterden çıkan parçalar plan paralel olarak dizilip BC disklerin arasında aşındırmaya tabi tutuldu ve istenilen ölçüler elde edildi. Burada düzeltme toleransı %0.6 'dır.

Taşılama sonrası parçanın kenarlarının kırılmasını engellemek ve belirli bir radyus değerine ulaşabilmek için kenar yuvarlama işlemi yapıldı.

Daha sonra elde edilen parça gerekli görüldüğü takdirde CVD kaplama yöntemiyle kaplandı.

13. METALOGRAFİK ÇALIŞMALAR

Isıl işlem sonrası elde edilen parçaların kalite kontrol işlemleri yapıldı. Kalite kontrol sırasında üretilen parçalardan belirli bir oranda parça seçilerek sonuçlar incelendi. Sertlik ölçmeden önce parça bakalit ile kaplanarak çalışılmak istenilen yüzey ortaya çıkarıldı. Çeşitli boyutlu zımparalardan geçirilerek yüzey temizlendi. Mikro yapı kontrol edildi. Sertlik değerleri ve yoğunlukları ölçüldü. Magnetik sertlik değerleri Şekil 13.2'deki Hc ölçüm cihazı yardımıyla bulunmuştur.

$$V.S.D. = 1,8544.F/d^2$$

F: kgf cinsinden uygulanan yük

d: iz köşegen uzunluğu

formülünden yararlanılarak Vickers sertlik değerleri

ölçülmüştür.



Şekil 13.1 Vickers sertlik ölçüm cihazı



Şekil 13.2 Magnetik sertlik (HC) ölçüm cihazı

Numunelerin

Yapılan ölçümler sonucunda numunelerinin sertlikleri, yoğunlukları, magnetik sertlik değerleri, porozite oranları ve eğme dayanımları hesaplanmıştır. Her dört numune için elde edilen değerler ve parçaların mikroyapı görüntüleri sırasıyla verilmektedir.

SB30:

Sertlik ve Yoğunluk Değerleri:

HC: 126

HV: 1561kgf/mm²

d : 11,67 gr/cm³



Şekil 13.2 Sinterleme sonrası SB30 tozlarının mikro yapısı

Eğme Dayanımı :

AO₂ 'den küçük porozite

Eğme dayanımı 2000N/mm² olarak ölçülmüştür.

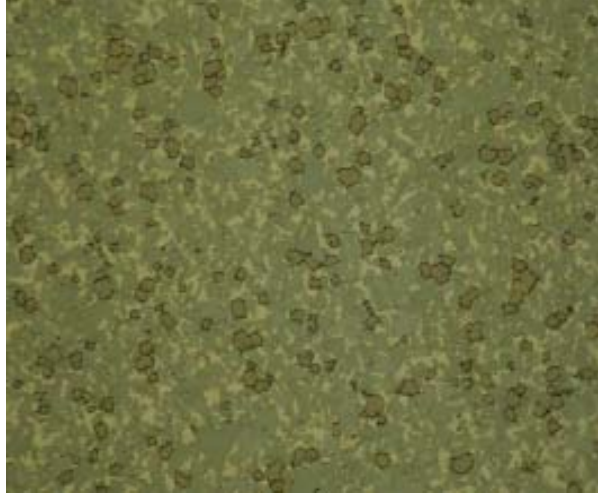
EB40:

Sertlik ve Yoğunluk Değerleri:

HC: 103

HV: 1332 kgf/mm²

d : 13,50 gr/cm³



Şekil 13.3 Sinterleme sonrası EB40 tozlarının mikro yapısı

Eğme Dayanımı:

AO₂ ‘den küçük porozite

Eğme dayanımı 2400N/mm² olarak ölçülmüştür.

HB20:

Sertlik ve Yoğunluk Değerleri:

HC: 145

HV: 1600 kgf/mm²

d : 14,6 gr/cm³



Şekil 13.4 Sinterleme sonrası HB20 tozlarının mikro yapısı

Eğme Dayanımı:

AO₂ ‘den küçük porozite

Eğme 2100N/mm² olarak ölçülmüştür.

HB10:

Sertlik ve Yoğunluk Değerleri:

HC: 180-200

HV: 1680 kgf/mm²

d : 14,45 gr/cm³



Şekil 13.5 Sinterleme sonrası HB10 tozlarının mikro yapısı

Eğme Dayanımı:

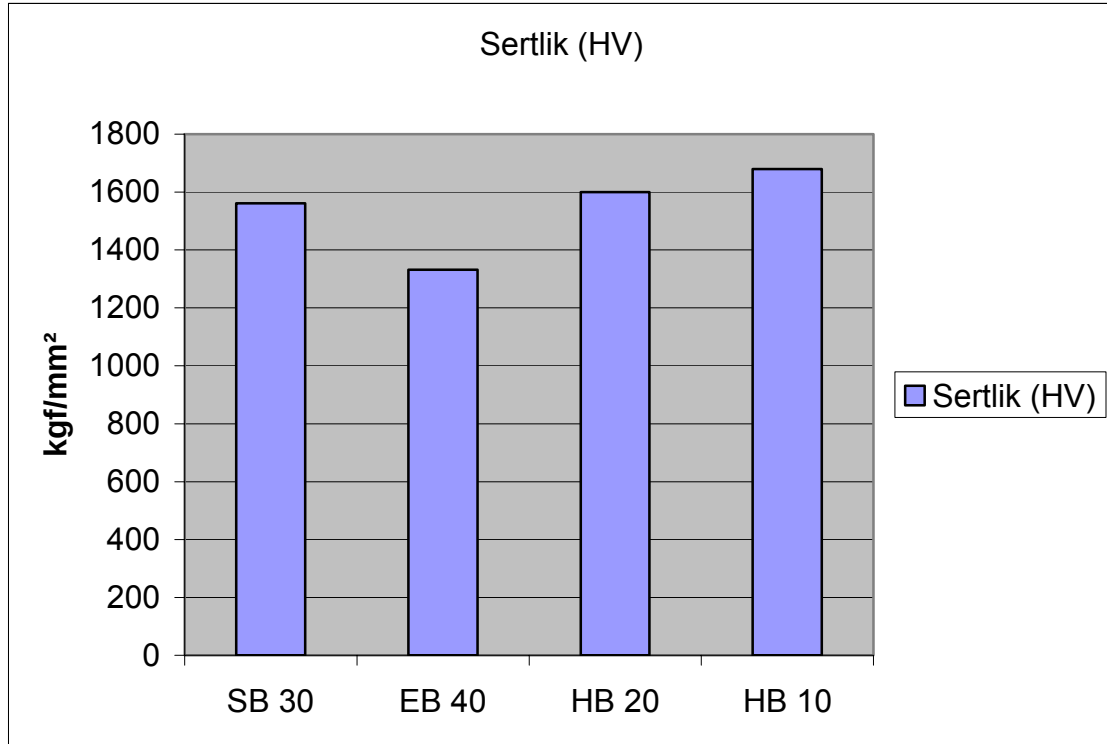
AO₂ ‘den küçük porozite

Eğme dayanımı 2000N/mm² olarak ölçülmüştür.

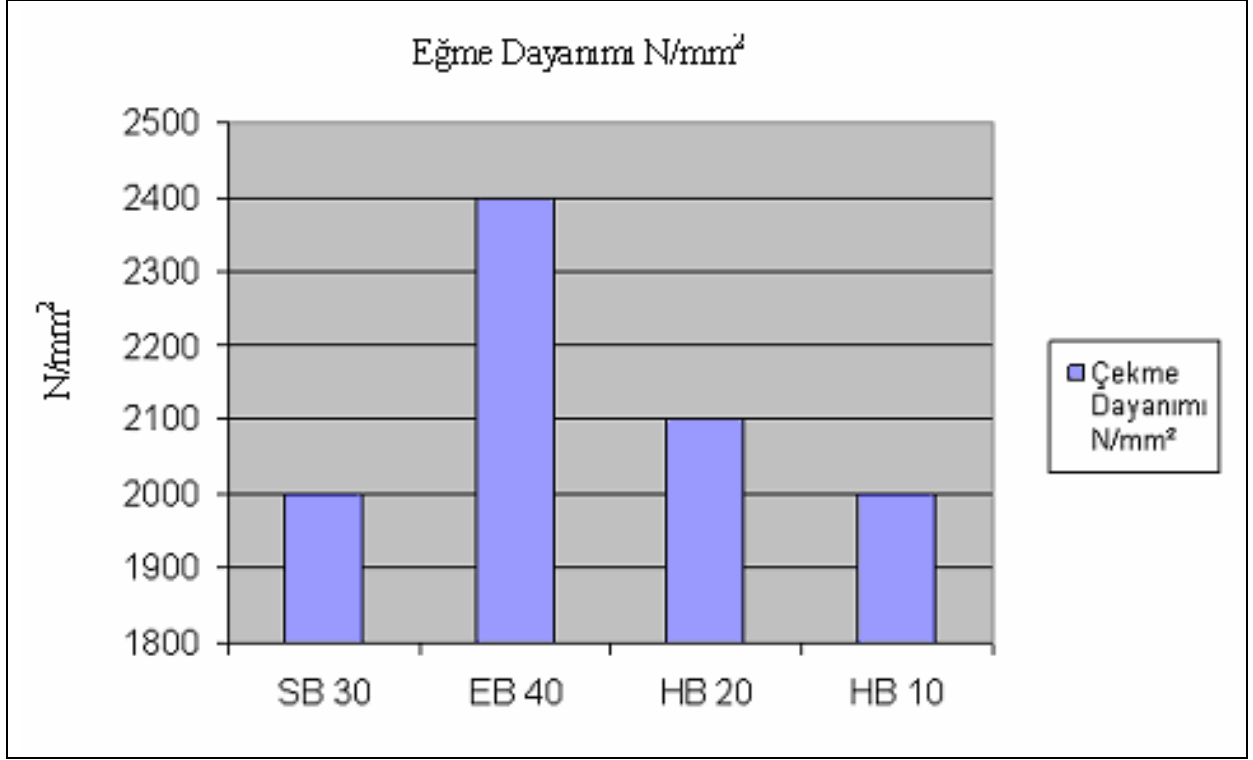
Çizelge 13.3. Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların sinter sonrası sertlik ve dayanım değer çizelgesi

	HC	HV (kgf/mm ²)	d (gr/cm ³)	Eğme Dayanımı N/mm ²
SB 30	126	1561	11,67	2000
EB 40	103	1332	13,5	2400
HB 20	145	1600	14,6	2100
HB 10	180-200	1680	14,45	2000

Çizelge 13.4. Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların sinter sonrası sertlik grafiği



Çizelge 13.5 Deneylerde kullanılan sert metal kesici uçların sinter sonrası eğme dayanımı grafiği



14. SONUÇLAR

Toz metalurjisi yöntemi ile üretilen takım çeliklerinin geleneksel yöntemle üretilen takım çeliklerine göre pek çok önemli avantajı bulunmaktadır. Proseslerin her aşamada kontrol edilebilir olması ve istenilen parça şekline kolayca ulaşılabilmesi TM ile üretimi cazip hale getirmektedir.

Bu çalışma ile kesici uçların özellikle mekanik değerlerindeki artışlar, yüksek yoğunluk ve homojen mikro yapıları incelenmiştir.

Yüksek alaşımlı takım ve kalıp çeliklerini normal karbon çeliklerinden ayıran en önemli özellik kimyasal bileşime giren vanadyum, tungsten, molibden, kobalt, silisyum ve modifikasyonlarıdır. Bu katkılar takım ve kalıp çeliklerine imalat mühendisliği açısından çok önemli olan teknik özelliklerin kazandırılmasında önemli rol oynamaktadır.

Takım çeliklerinin geleneksel yöntemle üretilmesi yerine TM ile üretilmesinin iki önemli teknik avantajı bulunmaktadır. Bunlar;

- Malzemedeki karbür fazını kimyasal bileşim, tane iriliği ve dağılım homojenliği bakımından kontrol etme imkânı bulunması
- Ergitme metodu ile elde edilmesi mümkün olmayan alaşımlandırma süreçlerini TM yöntemiyle çok rahat ve kontrollü bir şekilde yapabilme ve böylece kimyasal bileşim bakımından yeni takım çelikleri üretme imkânı bulunması

olarak sıralanabilir.

Toz metalurjisi yöntemi geleneksel yöntemle göre yapı hatalarının giderilmesi(segregasyon, yoğun primer karbürler, döküm boşlukları, çatlak ve dekarbürizasyon gibi), üretim maliyeti, enerji, işgücü ve malzeme kayıplarının düşürülmesi, şekillendirme kolaylığı açısından daha avantajlı bir yöntemdir.

Toz metalurjisi yöntemiyle ürün esnekliği sağlanmakta, kimyasal bileşim esnek bir şekilde değiştirilebilmektedir. Arzu edilen dayanım, sertlik ve tokluk özelliklerine sahip olan takım

Çelikleri malzeme tasarımında da kolaylıklar sağlamaktadır. Standart dışı özellikler taşıyan yeni malzemelerin üretimi de mümkün kılınabilmektedir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda en yüksek çekme dayanımına EB40 kesici ucunda; en yüksek sertliğe de HB10 kesici ucunda ulaşılmıştır.

Yoğunluklar incelendiğinde HB20 ve HB10 kesici uçlarının yoğunluklarının fazlalığı görülmektedir. WC yüzdesi arttıķa yoğunlukta buna bağlı olarak artmaktadır.

Üretilen parçalar çeşitli kaplama işlemleri ile daha yüksek performansa ve ömre sahip olmaktadır.

Mikro yapıların kusursuzluğu ve elde edilen yüksek yoğunluk ve sertlik değerleri, parçalarda malzeme kaybının azlığı önemli etkenler olarak görülmektedir. Geleneksel yönteme oranla 7-8 kat daha fazla kullanılabilme ve 4 eş yüzeye sahip olması nedeniyle 4 kat hızlı işlem görebilmesi TM ile üretilen kesici uçları birķa adım ne geçirmektedir. İlk yatırım maliyeti zaman içerisinde gerek performans gerekse yapılan için fazlalığı göz önüne alındığında kabul edilebilir bir dezavantaj olarak görülebilir.

Çok yüksek ergime noktalarına sahip metallerin alaşım elementlerinin etkisi ile biraraya getirilmesi, yüksek aşınma dayanıma sahip parçaların elde edilmesini sağlamaktadır. Çalışma performanslarına bakıldığında toz metalurjisi ile üretilen parçaların dayanımının, klasik yöntemlerle üretilen parçaların dayanımının iki katı kadar arttığı görülmektedir. Matkap uçları bu dayanıma örnek olarak gösterilebilir. M3 eliklerinin aşınma dayanımları karşılaştırıldığında, toz metalurjisi ile üretilen parçaların aynı şekilde iki kat iyi performans gösterdiklerini görmekteyiz. Sistematik olarak yapılan aşınma deneylerinde karbür boyutu, tipi ve dağılımı abrasif aşınma direncini etkilemektedir. Blok türü karbrlar çeliğin aşınma direncini etkiler. Karbür boyutunun azalması ve homojen bir dağılım göstermesi ile aşınma performansı artar. Buna özellikle karbür derişimi de etkili olmaktadır. MC türü karbürleri oluşturan WC-VC türü karbürlerin 3000 HV sertliğe sahip olmaları bunun nedenlerinden biridir.

Günümüzde dünyada %80'in üzerinde bir oranda TM ile üretilen kesici uçlara yönelme gözükmektedir. Gerek ekonomik açıdan, gerek zaman ve iş gücü tasarrufu açısından en avantajlı olan da budur.

Takım ve kalıp eliklerinin TM ile üretim teknolojisinin geliştirilmesi bu alanda ülkemizde mevcut olan boşluğun dolmasında ve uluslar arası pazarlarda katma değeri klasik çeliklere göre çok daha yüksek olan yeni teknolojik ürünlerle temsil edilmemize katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

Ahlatçı H., Türküz C., Çimenoglu H., Ürgen M., Kayalı E.S.”Sertleştirme Isıl İşlemi Görmüş İki Farklı Kalitedeki Yüksek Hız Takım Çeliğinden Yapılan Kesici Takımların Performanslarının Karşılaştırılması”, 1.Isıl İşlem Bildiriler Kitabı, Ekim 1998, s.25-33

Asil Çelik, Teknik Yayınlar, Sayı 7, Şubat 1984, s.35-37

Bakkaloğlu A., “Malzeme II Ders Notları”,2005

Bakkaloğlu A., “Takım Çeliklerinin Isıl İşlemleri”, Metal Dünyası, Şubat 2000, Sayı 81, s.19-24

Bakkaloğlu A., “Toz Metalurjisi” ders notları, 2000, s.1, s.7-10,s.79-81

Böhler Sert Maden, Teknik Bülten, Kasım 1989,Sayı 18, s.1-6

Böhler Sert Maden, Teknik Bülten, Ocak 1990, Sayı 19, s.1-5

Böhler Ürün Katoloğu, 2003

Çep H., Zeytin S., Öktem Z., “Yüksek Hız Takım Çeliklerinin Toz Metalurjisi Yöntemi İle Üretimi”, Metal Dünyası, Aralık 1993, Sayı 8, s.53-63

Ding P., Zhou S., Pan F., Liu J., “Ecotechnology for High-Speed Tool Steels”, Materials and Desing 22 (2001) s.137-142

Erdal A.V., “Toz Metalurjisi ile Üretilen Sert Metaller ve Kesici Takımlar”, Bitirme Tezi, 2005, s.56-57

F.Velasco, R. Isabel, N.Anton, et.al. , “TiCN-High Speed Steel Composites: Sinterability and Properties”, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, V.33, Issue 6, June 2002, s.819-827

G.A.Baglyuk, L.A.Poznyak, “The Sintering of Powder Metallurgy High-Speed Steel with Activating Additions”, Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol.41, Nos.7-8, 2002, s.366-368

G.L.Burenkov,T.I.Istomina and A.I.Raichenko, “Manufacturing of Powder Metals, Economics, and Production Organization- Comparative Studies of the Properties of Tools Made by Electro-Discharge Sintering and Hot Pressing” Powder Metallurgy and Ceramics,Vol.39, Nos11-12, 2000, s.618-622

Gürmen S., Öveçoğlu L., “Sementit Karbür Esaslı Malzemelerin Toz Metalurjisi ile Üretimi”, Metal Dünyası, Aralık 1993, Sayı 8, s.64-71

Habalı K.,Gökkaya H., “Kaplamasız Sementit Karbür Kesici Takımlarda Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Deneysel Olarak Araştırılması”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2005,Sayı 1, Cilt 11, s.115-116

Klar H., Metals Handbook: Ninth Edition, Volume 7, Powder Metallurgy, 9th Edition, ASM, c1990, s370-376

Michiko O.,Satoru K.,Shinya U. and Tomohiro F., “Development of SUMIBORON PCBN Tool for Machining of Sintered Powder Metal Alloys and Cast Iron”,SEI Technical Report, Numder 59,January 2005, s.60-65

Özdemir Ö.,İpek M., Zeytin S., “Kesici Takım Malzemeleri”, Mühendis ve Makina, Ağustos 2000, Sayı 487.

R.Rabitsch, et.al., “Properties of PM High-Speed Tool Steels Made With The Newest Technology”, Metal Powder Report, Vol.58, Issue 1, January 2003, s.39

Tayanç M.,Zeytin., “Yüksek Hız Takım Çeliklerinin İç Yapı ve Isıl İşlem Özellikleri”, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (2000).2(1), s.108-112

V.I.Ul'shin, L.A.Poznyak, and S.V.Ul'Shin, “Phase and Structure Changes During The Sİntering of Compacts of High Speed Steels Obtained from Powders with Various Rates of Solidification”,Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol.38, Nos.11-12, 1999, s.572-577

İNTERNET KAYNAKLARI

www.crucible.com

<http://www.sei.co.jp/sn/2000/02/p1.html>

<http://www.tekotek.com.tr/tr/tclamp04.asp>

<http://www.turktoz.gazi.edu.tr/makale.htm>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 17.05.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1995-1998

Özel Ata Koleji

Lisans 1998-2003

Yıldız Teknik Üniversitesi
Kimya Metalurji Fakültesi
Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2003-2006

Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Metalurji Müh. Anabilim Dalı, Malzeme Programı