

DIN 1.2080 SOĞUK İŞ TAKIM ÇELİĞİ ZİMBALARDA DERİN KRİYOJENİK İŞLEM VE TEMPERLEMENİN ALIN AŞINMASINA ETKİSİ

Yusuf ARSLAN^{1*}

¹Düzce Üniversitesi, Düzce M.Y.O., Makine-Metal Teknolojileri Böl., Düzce, TÜRKİYE.

Özet- Bu çalışmada, kriyojenik işlem yapılmış, kriyojenik işlem sonrası temperleme yapılmış ve işlem yapılmamış soğuk iş takım çeliği DIN 1.2080 zımbalar ile paslanmaz çelik sac (AISI 304) levhalar zımba makinesinde işlenerek delme deneyleri yapılmış ve zımbalarda oluşan alın aşınma davranışları incelenmiştir. Bu amaçla soğuk iş takım çeliği zımba -145°C’de derin kriyojenik işleme tabi tutulmuştur. Ayrıca derin kriyojenik işlem sonrası temperleme yapılmıştır. Herbir zımba 500, 1000, 1500, 2250, 3000 delme aşamalarında, delme ucu alın aşınmaları optik stereo mikroskop (OM) ve tarama elektron mikroskobu (SEM), mikroyapı incelemeleri ve sertlik ölçümleri yapılarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, delme zımbası için çok düşük kalan sayılar için kriyojenik işlemin DIN 1.2080 takım çeliği zımbanın alın aşınma direncini artırdığı görülmüştür. Ancak temperleme işleminin alın yüzey aşınmasına önemli bir etki yapmadığı görülmüştür.

Anathar Kelimeler- Delme zımbası, Derin kriyojenik işlem, Temperleme, Alın aşınması

THE EFFECTS OF DEEP CRYOGENIC TREATMENT AND TEMPERING ON THE FACE WEAR OF DIN 1.2080 COLD WORK STEEL PUNCHES

Abstract- In this study, punches made of DIN 1.2080 cold work tool steel were subjected to the deep cryogenic treatment after deep cryogenic tempering treatment and non-treated punches were conducted on the stainless steel (AISI 304) sheet metal at punch machine and on the face wear behavior of the punches were examined. For this purpose, the tool steel punches were treated in deep cryogenic at -145°C. Additional, after deep cryogenic tempering process was made. Each punch at the end of 500th, 1000th, 1500th, 2250th, 3000th perforation, the face wears of punches were obtained by the optical stereo microscope (OM) images and the scanning electron microscope (SEM), microstructure and hardness measurements was investigated by analysis. As a result of the study, at the small number perforation, it was generally found the cryogenic treatment had positive effects on the DIN 1.2080 tool steel punches increased face wear resistance. However, the tempering treatment wasn't shown a significant effect on the face wear resistance.

Keywords- Piercing punch, Deep cryogenic treatment, Tempering, Face wear

* yusufarslan@duzce.edu.tr

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

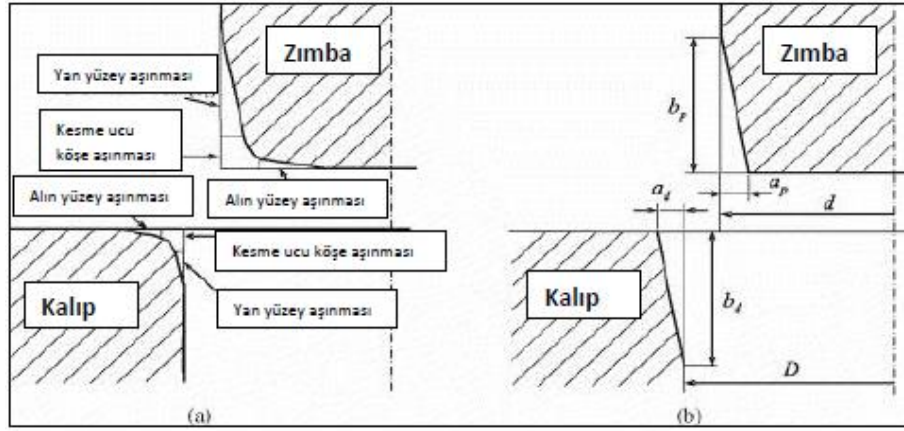
İmalat sanayisinde birçok sektöre hitap eden sac metal parça üretimi günümüzde zımba makineleri ile gerçekleştirilmektedir. Seri ve özdeş parça üretimi amaçlı olan makineler NC ve CNC kontrollü olup sac şekillendirmede kullanılan zımbalama kalıp takımları pahalı yatırımlardır. Kalıp ekipmanlarından delik zımbaları silindirik başlı ve havşa başlı olmak üzere değişik formlarda yapılır ve kullanılırlar. Zımbalar kalıpta iş parçasının delme ve kesme işlemini gerçekleştiren elemanlar olup, kaliteli soğuk iş takım çeliklerinden imal edilir ve sertleştirilerek taşlanırlar. Günümüzde bazı ölçülerdeki zımbalar hazır olarak bulunmakta ancak çap ölçüleri büyüdüğünde ve özel profilli zımbalar gerekli olduğunda özel imal edilmesi gerekmektedir. Seri üretimin yeni teknolojilerinden olan zımba makinelerinde yapılan hızlı üretimin kusursuzluğu ve verimliliği önemli olup bu durum tamamen zımba-kalıp ve işlenen parçanın özellikleriyle ilişkilidir. Kaliteli ve firesiz işler üretmek ve maliyetleri düşürmek için kesme kalıplarında zımba aşınmasını önlemek önem kazanmaktadır. Sahip olduğu mekanik özelliklerinden dolayı geniş kullanım alanına sahip paslanmaz çelik sac malzemeden ürünlerin delme makinelerinde verimli işlenmesi önemli hale gelmiştir. Kimyasal ve mekanik özelliklerinden dolayı bu malzemeden ürünlerin delme makinelerinde işlenmesinde sık zımba değiştirme zorunluluğu meydana gelmektedir. Zımba ömrünü artırmak ve aşınmaları azaltmak için alternatif çalışmalar yoğunluk kazanmıştır. Yeni bir uygulama olan kriyojenik işlemin özellikle krom içerikli malzemelere uygulandığında kesici takımda meydana gelen aşınma miktarı üzerinde etkili olduğu ve çoğu kesici takım malzemelerinin takım ömrünü uzattığı bilinmektedir. Bu işlem; kaplamaların aksine parçanın tümünü etkileyen, bir kereye mahsus yapılan kalıcı bir işlemdir. Ayrıca zımba makinelerinde kriyojenik işlemin DIN 1.2080 zımba aşınmaları üzerine etkisini içeren literatürde bir çalışma bildirilmemiştir.

Kriyojenik işlem; yüksek aşınmaya maruz kalan takımlarda aşınma direncini artırma amaçlı uygulanan modifiye edilmiş bir soğutma işlemidir. Takım çeliklerine uygulanan geleneksel sertleştirme yöntemlerinde çelik östenitleme işleminin ardından çelik cinsine bağlı olarak çeşitli soğutma ortamlarında en düşük tabii sıcaklık olan oda sıcaklığına kadar soğutulur ve martenzitik yapı elde edilir. Oda sıcaklığına kadar yapılan konvansiyonel soğutmayla bu tür çeliklerin bünyesinde yüksek oranda kalıntı östenit olarak adlandırılan metastabil faz bırakılır. Takımın aşınma direncini olumsuz yönde etkileyen kalıntı östenit fazını gidermenin en etkili yolu konvansiyonel soğutmanın ardından kriyojenik işlemin uygulanmasıdır. Kriyojenik işlem -196°C sıcaklıklara kadar inerek ısı işlemi daha etkin ve sorunsuz hale getirmiştir. Bu işlem ile kalıp ömrü 4 kat artırılır; yüksek aşınma direnci; yüksek tokluk, yüzeyde düşük sürtünme elde edilebilmiştir. Ayrıca tel erozyon sonrası çatlama riski en aza indirilmiştir [1, 2].

Dhokey ve Nirbhavne [3], kriyojenik çoklu temperleme yapılmış AISI D3 takım çeliğinin kuru sürtünme aşınması incelenmiştir. -185°C'de 8 saat kriyojenik işlem yapılmış ardından 150°C'de 2 saat olmak üzere bir kez, iki kez ve üç kez temperleme yapılmıştır. İşlemsiz numune sertliği 61 HRC, kriyojenik işlemlenmiş olan 56 HRC'ye düşmüş ancak bir kez temperlemeyle tekrar 61 HRC'ye çıkmıştır. Temperleme sayısı ikili, üçlü yapıldığında sertlik sırasıyla 58 HRC ve 57 HRC'ye düşmüştür. Çalışma, sadece sertlik verilerinin kriyojenik işlem uygulanmış malzemenin aşınma direncinin değerlendirilmesinde kesin bir karakteristik veri sağlamayacağını göstermiştir. Firouzdor ve arkadaşları [4], karbonlu çeliklerin yüksek hız ve kuru kesme şartlarında M2 HSS matkaplarla delinmesinde kriyojenik işlemin, aşınma direnci ve takım ömrü üzerine etkisini araştırmışlardır. Deneysel sonuçlar, kriyojenik işlem ve ısı işlem uygulanmış matkap ömürlerinde sırasıyla %77 ve %126 iyileşme sağladığını belirlemişlerdir. Yine Fredj ve arkadaşları [5], kriyojenik soğutma uygulaması ile AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin yüzey kalitesi iyileştirmeye çalışmışlardır. Deney sonuçlarında, kriyojenik soğutma en düşük taşlama sıcaklığını yol açarken, taşlama kuvvetine etki etmemiştir. Kriyojenik soğutmalı taşlama ile yüzey pürüzlülüğünde %40'tan daha fazla bir iyileşme gerçekleştirilmiştir. Sreerama Reddy ve arkadaşları [6], kaplamalı WC ISO P-30 tornalama uçlarını kriyojenik işleme (-

176°C) tabii tutmuşlardır. İşleme çalışmaları, hem kriyojenik işlem uygulanmış hem de uygulanmamış tungsten karbür kesici takım uçlar kullanılarak C45 iş parçası üzerinde yapılmıştır. C45 çeliğin işlenmesinde kriyojenik işlem uygulanmış karbür takımların yanak aşınması, kriyojenik işlem uygulanmamış karbür takımlarinkinden daha düşük olmuştur. C45 çeliğinin işlenmesi sırasındaki kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerleri, kriyojenik işlem uygulanmış karbür takımlarda daha düşük olarak ölçülmüştür. Akhbarizadeh ve diğerleri [7], D6 takım çeliğinin aşınma direnci üzerine kriyojenik işlem uygulamasının etkileri araştırmışlardır. Bulgular, kriyojenik işlemin kalıntı östeniti azalttığını ve aynı zamanda aşınma direncini ve sertliği iyileştirdiğini göstermiştir. Kalıntı östenitin eliminasyonu ile birlikte daha iyi homojenize olmuş karbür dağılımından dolayı derin kriyojenik işlem, sıg kriyojenik işlem ile karşılaştırıldığında aşınma direnci ve sertlikte iyileşme göstermiştir. Da Silva ve arkadaşları [8], kriyojenik işlem uygulanmış yüksek hız çeliği kullanarak yaptıkları çalışmada, takım ömrünü ve verimliliğini etkileyen en önemli unsurun kesici malzemesindeki mikro yapı değişikliği olduğunu tespit etmişlerdir. Mikro yapı analizi ile birlikte aşındırma ve sertlik testleri yapmışlar ve kriyojenik işlem uygulanmış takımların avantajlı olduğunu görmüşlerdir. M2 HSS kesici takım numunelerinin mikro sertliği kriyojenik işlemlerle önemli derecede değişmemiştir. Kriyojenik işlem uygulanmamış numunede gözlemlenen östenit yapının %25'i kriyojenik işlem ile martenzit yapıya dönüşmüştür. Aynı kesme şartlarında kriyojenik işlem uygulanmış takım uygulanmamış takıma göre %44 avantaj sağlamıştır. Sonuç olarak kriyojenik işlemin M2 HSS matkapların performansını artırdığını bildirmişlerdir. Mohan Lal ve arkadaşları [9], kriyojenik işlemin çeliklerde klasik ısı davranışı işlemini tamamlayıcı bir işlem olduğunu vurgulamışlardır. Bu işlem; kaplamaların aksine parçanın tümünü etkileyen, bir kereye mahsus yapılan ucuz ve kalıcı bir işlemdir. Yapılan deneyler sonucunda, kriyojenik işlemin takım ömründe yaklaşık olarak %110'a varan bir iyileşme sağladığı gözlemlenmiştir. Hatta kriyojenik işlem görmüş takımlar, TiN kaplamalardan bile daha iyi performans göstermiştir. Lawanwong ve arkadaşları [10], takım endüstrisinde büyük endişelerin birisi takım aşınması olduğundan yaptıkları çalışmada zımba aşınmalarını çalışmışlardır. Bu çalışmada, Paslanmaz çelik kesmek için zımba üzerinde aşınma olayı incelenmiştir. Zımba malzemesi; SKD11 (D2), SKH 51 (M2/HSS) ve SKS3 (O1)dir. Bu zımbaların sertlikleri 59 HRC dir. Deneyler için kalınlığı 2 mm olan aynı kalınlıklarda JIS SUS430 paslanmaz çelik kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar; SKH51 düşük aşınma göstermiş, SKD11 ve SKS3. SKH 51'in yüksek miktarda tungsten, molibden ve vanadyum içermesi nedeniyle farklı karbür bileşimleri oluşmuş ve kesme kenarının sert ve uzun ömürlü olmasına sebep olmuştur. Bunun yanı sıra, SKD1 zımba yüksek adhesive göstermiştir. Zımba malzemesi SKS3 düşük kimyasal içerik nedeniyle yüksek aşınma göstermiştir. Üstelik SKS3 zımba kesme kenarı üzerinde yüksek korozyona maruz kalmıştır. Yüksek tungsten, molibden ve vanadyumlu takım çelikleri yüksek aşınma direncine sahip olduklarını göstermişlerdir. SKS3 zımbada ise düşük kimyasal içerik nedeniyle yüksek aşınma oranı ve yüksek korozyon aşınması tesbit etmişlerdir. Hern'andez ve arkadaşları [11], kesme mekanizması sonucu şekil hataları üzerine takım aşınması etkilerinin teorik modellemesini yapmışlardır. Bu amaca yönelik, yeni bir parametre efektif boşluk adlandırılmıştır. Sonuç olarak; takım aşınması, zımba kesme kenarı geometrisinde ki değişim yoluyla oluşan şekil hataları üzerine efektif boşluğun çok önemli etkisi olduğunu bildirmişlerdir (Şekil 1). Myint ve arkadaşları [12], tungsten karbür (WC) ve yitrium-tetragonal zirkonyum polikristal (Y-TZP) zımbaların aşınma mekanizmalarının değerlendirilmesi adlı deneysel çalışmalarında; takım aşınmasını karşılaştırmalı olarak değerlendirmişlerdir. TZP zımbaların takım ömrünün WC zımbanın ömründen 2,5 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca oluşan boşlukta zımba dışarı alınırken parça kobalt ile kimyasal reaksiyona girmekte ve TZP zımbanın yan yüzeyine mekanik olarak yapışmaktadır. Takım yüzeylerinin EDX analizinde, difüzyon aşınma mekanizması WC zımbalarda tespit edilmiştir. Makro çatlaklar bulunmayan, TZP zımbanın aşınma mekanizması yoğun plastik deformasyon olduğunu belirtmişlerdir. Zımba aşınması sadece zımba boşluğuna bağlı olmayıp, zımba geometrisine, kesilen malzemenin mekanik özelliklerine, zımba-iş parçası malzemesi uyumuna, pres kesme kuvveti, yağlama, iş parçası kalınlığı, kesme sayısı gibi bir çok parametreye bağlı olduğu ve bu parametrelerin delinen işin kalitesini etkilediği ifade edilmiştir.

Takım aşınması üzerine yapılan araştırmalarda kesme zımbalarının aşınması kalıplardan oldukça yüksek olduğundan zımbaların alın yüzeyi aşınması incelenmiştir [10-16].



Şekil 1. Zimba aşınma yüzeyinin geometrisi: (a) takım aşınması genel görüntüsü ve (b) yapılan analiz çalışmadaki takım aşınması [11] (Geometry of the cutting tool worn surface: (a) generic case of tool wear and (b) tool wear analysed in this work)

Bu çalışmada, yukarıda verilen kriyojenik işlemin takım performansına yaptığı iyileştirmelerden hareketle, DIN 1.2080 takım çeliğinden yapılmış DIN 9861 zımbalar 12 saat süreyle -145°C 'de derin kriyojenik işleme tabi tutulmuştur. 25 tonluk zimba makinesinde kriyojenik işlem yapılmış, kriyojenik işlem sonrası temperleme yapılmış ve yapılmamış DIN 1.2080 takım çeliği zımbalar ile 1,5 mm kalınlığındaki AISI 304 paslanmaz çelik sac levhaların her birine 3000 delik delinmiştir. Zımbalar üzerinde yapılan derin kriyojenik işlem ve temperleme işleminin; işlem sonrası zimba sertlikleri, zimba alın aşınması, dijital mikroskop, SEM görüntüleri ve mikro yapıları incelenmiş, zımbanın yan yüzey aşınmasını etkileyen alın yüzey aşınması ve alın yüzey aşınmasına temperlemenin etkileri araştırılmıştır.

2. YÖNTEM (METHOD)

Delme işlemlerinde menşei belli olan (İmalat Avusturya BÖHLER) DIN 1.2080 takım çeliği zimba malzemesi olarak seçilmiştir (Çizelge 1 ve Çizelge 2).

Çizelge 1. DIN 1.2080 malzemenin kimyasal içeriği (The chemical composition of DIN 1.2080 material) [17] (İmalat Avusturya BÖHLER)

Malzeme (%)	C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni
DIN 1.2080	2,00-2,35	0,60(mak.)	0,60(mak.)	11,00-13,50	0,0004	0,022	0,30(mak.)

Çizelge 2. DIN 1.2080 çeliğinin mekanik özellikleri (The mechanical properties of DIN 1.2080 steel) [17]

Çekme Dayanımı (MPa)	Akma Dayanımı(MPa)	Sertliği (HRC)	Yoğunluk(gr/cm ³)	Isıl İletkenlik (W/m.K)
970	850	28	7,86	20

AISI 304 Östenitik paslanmaz saclar delme deneylerinde kullanılmıştır. Bu malzemeye ait kimyasal ve mekanik özellikler sırasıyla Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir. AISI 304 paslanmaz saclar tezgaha bağlama ve nakliye kolaylığı açısından değerlendirilerek 500x500x1.5 mm ölçülerinde delme numuneleri şeklinde hazırlanmıştır. Numunelerin delik yerleşim planı,

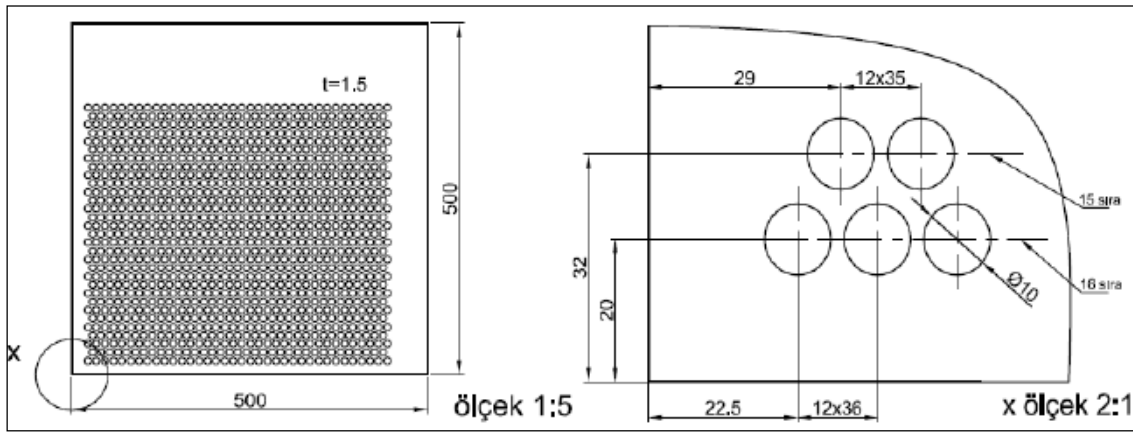
saç kesme kalıp konstrüksiyonuna uygun olarak aralarında 3 mm olacak şekilde planlanıp delinmiştir (Şekil 2).

Çizelge 3. AISI 304 paslanmaz çeliğinin kimyasal bileşenleri (Chemical composition of AISI 304 stainless steel) [17]

Malzeme (%)	C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni
AISI 304 Östenitik	≤0,08	≤2,00	≤1,00	18,00-20,00	≤0,03	≤0,045	8,0-10,5

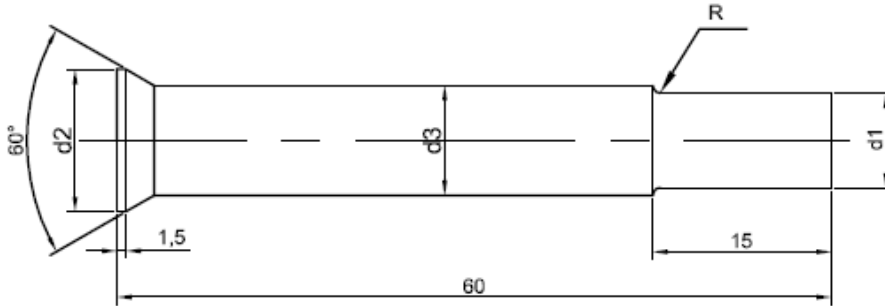
Çizelge 4. AISI 304 paslanmaz çeliğinin mekanik özellikleri (The mechanical properties of AISI 304 stainless steel) [17]

Çekme Dayanımı(MPa)	Akma Dayanımı (MPa)	Sertliği (HRB)	Yoğunluk(gr/cm ³)	Elastisite Modülü (GPa)
505	215	70	8	193-200



Şekil 2. Delinmiş paslanmaz sacın delik yerleşim planı (Layout of the holes punctured stainless steel) (500x500x1,5 mm)

Seçilen soğuk iş takım çeliğinden Ø10x60 DIN 9861 havşa başlı zımba (HBZ) imalatı gerçekleştirilmiştir (Şekil 3). Bu aşamadaki zımbaların nihai sertlik dereceleri 60-61 HRC değerindedir.



Şekil 3. DIN 9861 havşa başlı zımba ve ölçüleri (DIN 9861 countersunk head punch and dimensions) ($d_1=10$ mm, $d_2=12$ mm, $d_3=10,5$ mm)

Bu çalışmada, DIN 1.2080 soğuk iş takım çeliği zımbalara uygulanan ısıl işlem prosesi endüstriyel uygulamalardaki genel ısıl işlem prosesi ile birebir aynı proses olmuştur. 2080 soğuk iş takım çeliğine özet olarak, östenitleme öncesinde 450 °C'de 120 dakika ön gerilim

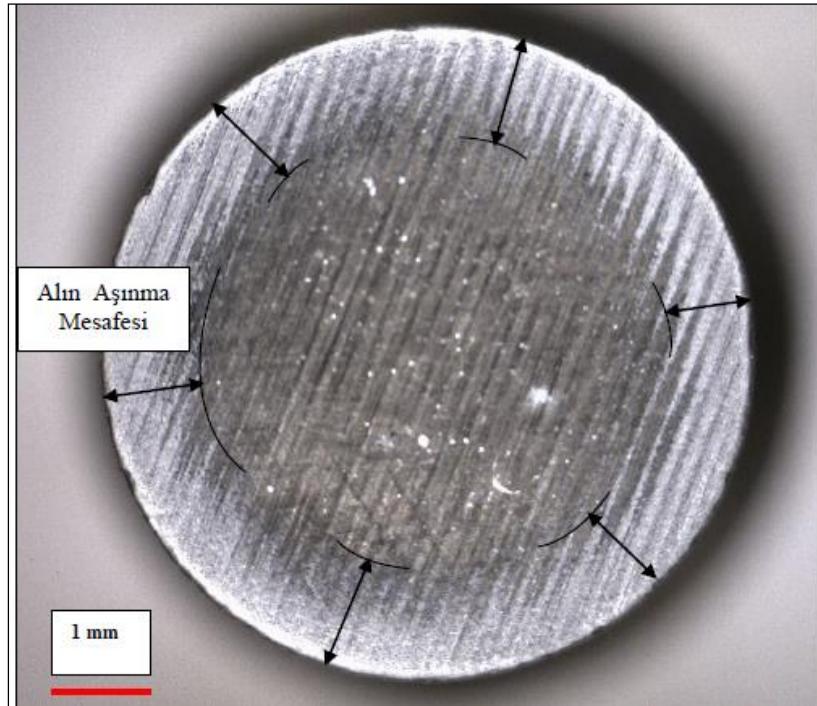
alma, devamında 500 °C'de 90 dakika ön ısıtmaya tabi tutulmuş. Ön ısıtmanın hemen akabinde prosedüre uygun şekilde 800 °C'de 30 dakika ara kademe ısıtma ve ardından 960 °C'de 30 dakika tuz banyosunda östenitlenmiştir. DIN 1.2080 malzemeye östenitlemenin hemen akabinde 200 °C'deki tuz banyosunda su verme işlemi uygulanmış ve bu aşamadan 20 dakika sonra 270 °C'de 120 dakika menevişleme işlemi yapılmıştır. Isıl işlem sonrası -145 °C'de derin kriyojenik işlem uygulanmıştır. Ayrıca temperlemenin etkisini görmek için kriyojenik işlem sonrası 2 saat 150 °C'de temperleme yapılmıştır. Zımbalar yapılan işlemlere göre aşağıdaki şekilde kodlanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Zımba işlem kodları (Punch procedure codes)

Zımba Kodları	İşlem prosesi
HT	Sadece ısıl işlem (Kriyojenik işlemsiz)
12HTC	Isıl işlem, 12 Saat -145°C kriyojenik işlem
12HTCT	Isıl işlem, 12 Saat -145°C kriyojenik işlem, 2 saat 150 °C'de temperlenmiş

Kriyojenik işlem sonrası zımbaların sertlikleri Hoytom marka 1003 model sertlik ölçme cihazında tepe açısı 120° olan elmas koni uç ile 1,5 kN yük uygulayarak (0,1 kN ön yüklenme) zımba çevresinden üç ölçüm yapıp ortalaması alınmıştır (Tolerans ±1 HRC).

Delme deneyleri 25 tonluk hidrolik zımba makinesinde yapılmıştır. Zımbaların alın yüzeyi görüntüleri AD413ZTA Dino-Lite Pro 2 model, Dino-Lite Digital Microscope Pro marka (optik stereo mikroskop) ölçme cihazı kullanarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'de alın aşınma mesafesi için çevresel altı aşınma mesafeleri ölçülmüş ortalama değerleri kaydedilmiştir [13-15].



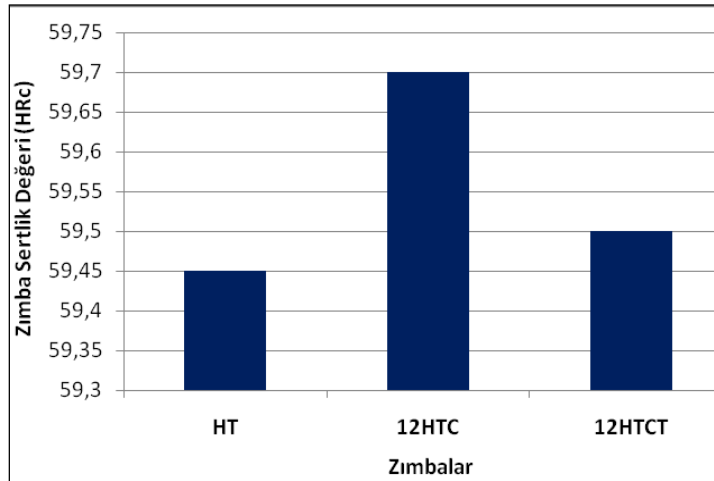
Şekil 4. Kesme kenarı alın yüzeyi aşınma değeri (Cutting edge face surface of the wear value)

Ayrıca, Jeol Jsm-6060 Lv marka ve model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile kesme yüzeyleri aşınma görüntüleri ve kriyojenik işlemin metalurjik etkisini araştırmak için mikro yapı görüntüleri incelenmiştir. Deneylerde sabit kalıp boşluğu kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

3.1. Kriyojenik İşlem Sonrası Zımba Sertlik Değerleri (After Cryogenic Treatment Punch Hardness Value)

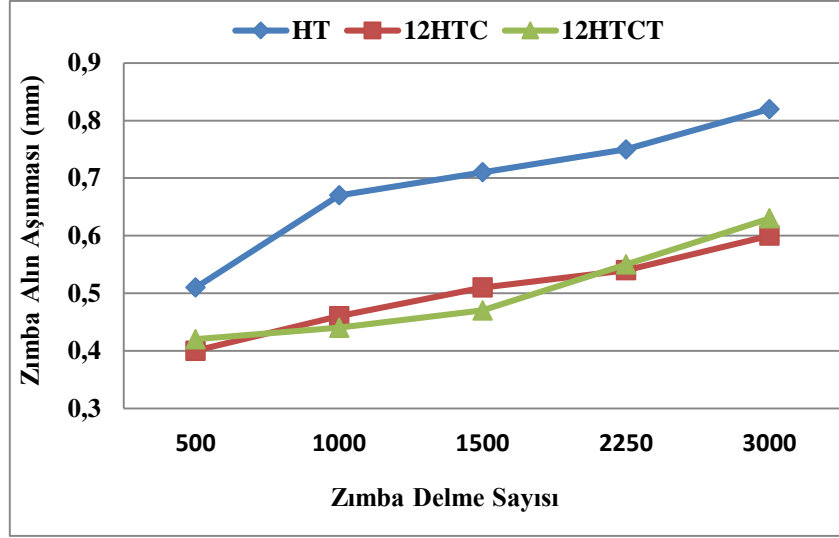
Bu zımbalara uygulanan kriyojenik işlem sonrası sertlikleri 59-60 HRc arasında değişmiştir (Şekil 5). Zımba sertliklerinde ısıtma işlemi sonrası yaklaşık 0,5 HRc civarında değişim görülmüştür. Kriyojenik işlem sonrası zımbanın sertliklerinde artmıştır. Ancak kriyojenik işlem sonrası temperleme yapılmış olan zımba, ısıtma işlemi sonrası sertlik değerine tekrar yaklaşmış hatta çok az üstünde bir değer ölçülmüştür. DIN 1.2080 çeliğine ısıtma işlemi sonrası yapılan kriyojenik işlemde sertliğin birkaç HRc düşmesini veya bir kez yapılan temperlemeyle tekrar ısıtma işlemi sonrası sertliğine ulaşmasını Dhokey ve Nirbhavne'nin çalışmaları desteklemektedir[3]. Bu çalışmada, kriyojenik çoklu temperleme yapılmış DIN 1.2080 takım çeliğinin kuru sürtünme aşınması incelenmiştir. -185°C'de 8 saat kriyojenik işlem yapılmış ardından 150°C'de 2 saat olmak üzere bir kez, iki kez ve üç kez temperleme yapılmıştır. İşlemsiz numune sertliği 61 HRc, kriyojenik işlemleri olan 56 HRc'ye düşmüş ancak bir kez temperlemeyle tekrar 61 HRc'ye çıkmıştır. Temperleme sayısı ikili, üçlü yapıldığında sertlik sırasıyla 58 HRc ve 57 HRc'ye düşmüştür. Çalışma, sadece sertlik verilerinin kriyojenik işlem uygulanmış malzemenin aşınma direncinin değerlendirilmesinde kesin bir karakteristik veri sağlamayacağını göstermiştir [3].



Şekil 5. Kriyojenik işlem sonrası zımba sertlikleri (After cryogenic treatment punch hardness value)

3.2. Zımbaların Alın Aşınmaları (Face Wear of the Punches)

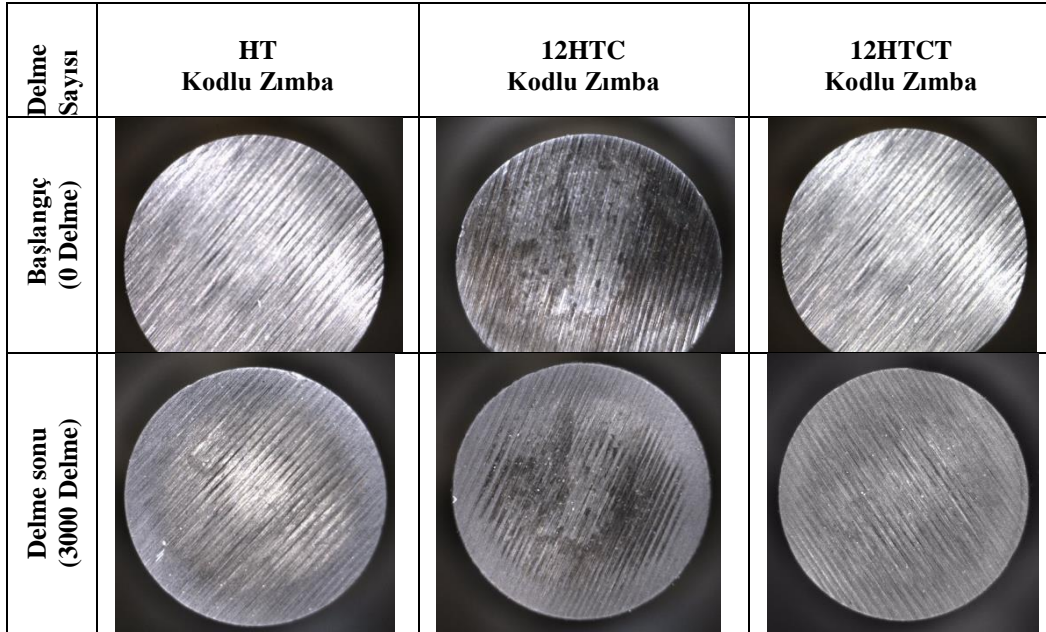
Kenar aşınmasına göre önemsiz gibi görünen alın yüzeyindeki aşınma mesafelerinin artması yan (kenar) yüzey aşınmasının artmasına sebep olmaktadır [13]. Şekil 6'da görüldüğü gibi, HT kodlu zımba, 12HTC ve 12HTCT kodlu zımbalara göre 3000 delmede sonunda sırasıyla yaklaşık %35 ve %32 daha fazla alın aşınması göstermiştir. Derin kriyojenik işlem DIN 1.2080 takım çeliği zımba alın aşınmasına olumlu yönde etki etmiş ancak kriyojenik işlem sonrası temperleme zımba alın aşınmasına önemli bir etki etmemiştir.



Şekil 6. Delme sayısı zımba alın aşınması arasındaki ilişki (The relationship between the number of punching and face wear)

3.3. Stereo Mikroskop (OM) ve Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntülerinin İncelenmesi (Stereo Microscope (OM) and Electron Microscope (SEM) Analysis of Images)

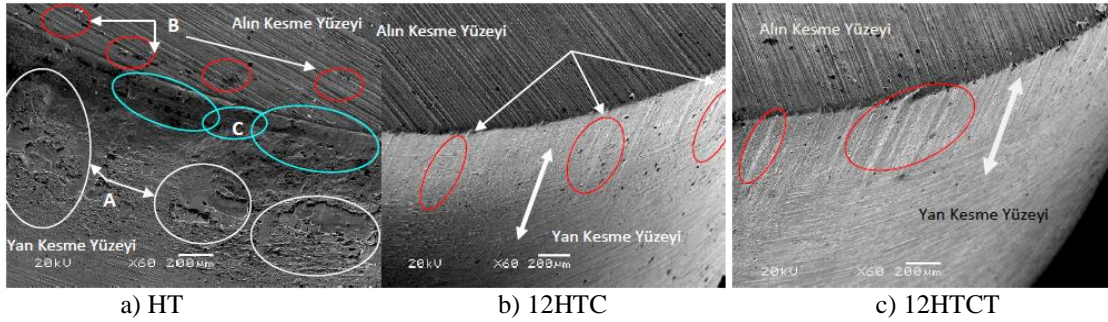
Zımba kesme ucu alın kesme yüzeyleri 10x büyütme başlangıç ve 3000 delme işlemlerinden sonra $\pm 0,001$ mm hassasiyetindeki dijital mikroskop ile kıyaslamalı görüntüleri verilmiştir (Şekil 7). Bu görüntülerde, işlemsiz zımbanın kriyojenik zımbalara göre yan kesme yüzeyinin daha fazla aşındığı açıkça görülmektedir.



Şekil 7. Kesme kenarı alın yüzey aşınması dijital mikroskop görüntüleri 10x (Cutting edge face surface of the digital microscope images 10x)

12HTC, 12HTCT kodlu ve HT kodlu zımbaların delme işlemlerinden sonra Jeol Jsm-6060 Lv marka ve model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile kesme yüzeyleri aşınma görüntüleri

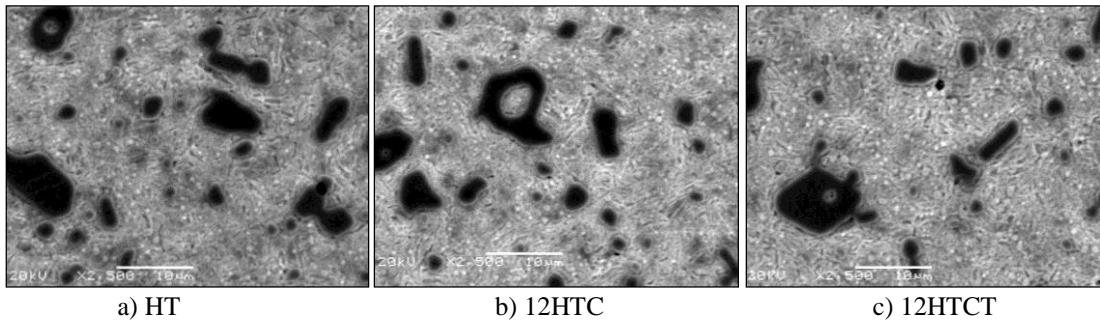
incelenmiştir. Şekil 8’de HT, 12HTC ve 12HTCT kodlu zımbaların 60x büyütmeli kesme kenarı alın ve yan yüzey aşınmaları görüntülenmiştir. SEM görüntülerinde; HT kodlu zımbanın yan yüzeyindeki aşınma (A ile işaretlenmiş) çoğunlukla adhezyon görüntüsünü vermiştir. Alın kısmında ise (B ile işaretlenmiş) az miktarda difüzyon aşınması görülmüştür. Kesme köşe kısmında (C ile işaretlenmiş) yorulma aşınması ve buna bağlı mikro boyutlarda parçaların kopması biçiminde gerçekleştiği gözlenmiştir (Şekil 8-a). Ancak 12HTC ve 12HTCT kodlu zımbaların yan yüzeylerinde az miktarda kazıma şeklinde abrasif aşınması görülmüştür. Bu zımbaların alın ve yan kesme kenarlarında kaydadeğer bir aşınma görülmemiştir (Şekil 8-b,c).



Şekil 8. DIN 1.2080 zımbaların kesme kenarı alın ve yanak aşınması SEM 60x (Cutting edge face and flank surface of the SEM images of DIN 1.2080 punches 60x)

3.4. Mikroyapı İncelemeleri (Microstructural Analysis)

Mikro yapı incelemeleri, Jeol Jsm-6060 Lv marka ve model taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile hazırlanan numuneler üzerinden 2500x büyütmede yapılmıştır (Şekil 9). Kriyojenik işlemin mekanik özellikleri artırmadaki temel iki neden mikro yapı ile alakalıdır. Birinci hipotez; işlemin sertleştirme sırasında martenzite dönüşemeyen kalıntı östenit malzemenin sertlik değerini düşürmektedir. Bunu artırmanın yolu martenzit bitiş sıcaklığının soğutma işleminin devam ettirilmesidir. Sıfırlatı işlem olarak adlandırılan bu işlem dönüşümü gerçekleştirip aşınma direncini artırır. İkinci hipotez çökelti fazlarının daha da küçük hale getirilmesiyle mekanik özellikleri geliştirmektir. Sert ve gevrek haldeki çökelti fazları iç gerilmeler nedeniyle daha da küçük parçalara ayrılmaktadır [18]. Mikro yapı incelemenin amacı, artan sertlik değerleri ve iyileştirilen takım ömrünü açıklamaktır. Diğer taraftan, delici ve kesici takımların performansları mikro yapıdaki karbürlerinin özelliklerine bağlı olduğu bilinmektedir [19].



Şekil 9. DIN 1.2080 zımba malzemesi mikroyapı değişimi SEM 2500x (DIN 1.2080 punch material microstructure changes SEM 2500x)

Mikro yapıdaki görüntü iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Birincisi; karbür parçalarının dağılımı kriyojenik işlem görmüş zımbada daha düzgün dağılmıştır. İkincisi; kriyojenik işlem görmüş

karbür hacmi iki kata kadar artmaktadır. Ayrıca bu karbür çoğalması matris malzemedeki karbonun ve alaşım elementlerinin miktarını azaltarak matris malzemesinin sünekliliğini artırmaktadır [19]. Kriyojenik işlem, mikro yapı içerisindeki beyaz karbürlerin yeniden dağılımını, kalıntı östenitin martenzite dönüşümünü ve takım malzemesinin sertliğini artırmış, buda takım aşınmasını azaltarak ömrünü artırmıştır [20]. Görüntülerde, 12HTC kodlu zımba Şekil 9-b’de beyaz karbürlerin HT kodlu zımba Şekil 9-a olana göre belirgin bir şekilde küçüldüğü ve daha homojen dağıldığı görülmektedir. 12HTCT kodlu zımba Şekil 9-c’de temperlemenin etkisiyle kriyojenik işlemde küçülen beyaz karbürlerin biraz irileştiği görülmektedir. Dhokey ve Nirbhavne’nin [3] yaptıkları çalışma bu sonucu desteklemektedir. Mikro yapıdaki bu değişim kriyojenik işlem yapılan zımbaların aşınma direncinin işlemsiz olana göre daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Kriyojenik işlem uygulanmış ve uygulanmamış DIN 1.2080 soğuk iş takım çeliği zımbalarla AISI 304 paslanmaz sac levhalara zımba makinesinde yapılan delme işlemleri sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Bu çalışmada, sadece sertlik verilerinin kriyojenik işlenmiş malzemenin alın aşınma direncinin değerlendirilmesinde kesin bir karakteristik veri olmadığını göstermektedir. 10x büyütme mikroskop görüntülerinde, işlemsiz zımbanın kriyojenik zımbalara göre alın yüzey aşınmasında bir fark görülmüştür. Kriyojenik işlem yapılmamış ve yapılmış zımbaların 60x büyütme kesme kenarı alın ve yan yüzeyleri aşınma SEM görüntülerinde; işlemsiz zımbanın yan yüzeyinde çok fazla adhezyon aşınma görülmüştür. Alın kısmında ise az miktarda difüzyon aşınması görülmüştür. Zımbanın kesme köşesinde yorulmaya bağlı mikro boyutta parçacıkların kopmuş olduğu görülmüştür. Ancak kriyojenik işlem görmüş zımbaların kesme kenarında ise kayda değer bir aşınma görülmemiştir. Kriyojenik işlem sonrası temperleme işleminin alın aşınmasına önemli bir katkı sağlamadığı tespit edilmiştir. Mikro yapı incelemelerinde, kriyojenik işlem yapılmış DIN 1.2080 numunede beyaz karbürlerin işlem yapılmamış olana göre iyice küçüldüğü ve daha homojen dağıldığı görülmüştür. Mikro yapıdaki bu değişim kriyojenik işlem yapılan zımbaların aşınma direncinin diğerine göre daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır.

Zımba makinesinde yapılan paslanmaz sac delme işlemlerinde elde edilen sonuçlar ışığında, kriyojenik işlemin DIN 1.2080 soğuk iş takım çeliği zımbanın alın aşınma direncine önemli katkısı olduğu görülmüş ancak kriyojenik işlem sonrası yapılan temperleme işleminin kayda değer bir etki yapmadığı tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR (THANKS)

Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinatörlüğüne 07/2012-47 nolu proje ile verdiği ekonomik desteklerden dolayı teşekkür eder. Ayrıca, Isı-Tan Isıtma Soğ.Yed.Par. Mak.San.Tic.Ltd. Şirketine verdikleri destekten dolayı teşekkür eder.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Sub-zero Treatment of Steels, Linda Gas, Special Edition, 2010.
- [2]. İnternet: www.arslancelik.com/erişim_tarihi:26.08.2012
- [3]. Dhokey, N.B. S., Nirbhavne S., Dry sliding wear of cryotreated multiple tempered D-3 tool steel, journal of materials processing technology ,209 (2009);1484–1490.

- [4]. Firouzdor, V., Nejati, E., Khomamizadeh, F., Effect of deep cryogenic treatment on wear resistance and tool life of M2 HSS drill, *Journal of Materials Processing Technology*, 206, (2008); 467-472.
- [5]. Fredj, N.B., Sidhom, H., Braham, C., Ground surface improvement of the austenitic stainless steel AISI 304 using cryogenic cooling, *Surface & Coatings Technology*, 200, (2006) 4846-4860.
- [6]. SreeramaReddy, T.V., Sornakumar, T., VenkataramaReddy, M., Venkatram. R., Machinability of C45 steel with deep cryogenic treated tungsten carbide cutting tool inserts, *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, Vol. 27, pp. 181-185, 2009.
- [7]. Akhbarizadeh, A., Shafyei, A., Golozar, M.A., Effects of cryogenic treatment on wear behavior of D6 tool steel, *Materials and Design*, in Pres.
- [8]. Da silva, F.J., Franco, D.D., Machado, A.R., Ezugwu, E.O., Souza Jr, A.M., Performance of cryogenically treated HSS tools, *Wear*, 261, (2006); 674-685.
- [9]. Mohan Lal, D., Renganarayanan, S., Kalanidhi, A., Cryogenic treatment to augment wear resistance of tool and die steels, *Cryogenics*, 41, (2001); 149-155.
- [10]. Lawanwong, K., Pornputsiri, N., Luangsopapun, G., An Investigation of Adhesion Wear Behavior of Tool Steel on Blanking Die, 2011 International Conference on Advanced Materials Engineering; IPCSIT Press vol.15 (2011), Singapore.
- [11]. Hern´andez, J.J., Franco, P., Estrems, M., Fuara, F., Modelling and experimental analysis of the effects of tool wear on form errors in stainless steel blanking, *Journal of Materials Processing Technology*, 180 (2006);143–150.
- [12]. Myint M.Y., Fuh, J.Y.H., Wong, Y.S., Lu, L., Chen, Z.D., Choy, C.M., Evaluation of wear mechanisms of Y-TZP and tungsten carbide punches, *Journal of Materials Processing Technology*, 140 (2003); 460–464.
- [13]. Al-Momani, E., Rawabdeh, I., An Application of Finite Element Method and Design of Experiments in the Optimization of Sheet Metal Blanking Process, *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 2(1) (2008); 53 -63.
- [14]. Hambli, R., A code for sheet metal blanking processes optimization, *Journal of Materials Processing Technology*, 141 (2003); 234–242.
- [15]. Wang, L., Nie, X., Housden, J., Spain, E., Jiang, J.C., Meletis, E.I., Leyland, A., Matthews, A., Material transfer phenomena and failure mechanisms of a nanostructured Cr–Al–N coating in laboratory wear tests and an industrial punch tool application, *Surface & Coatings Technology*, 203 (2008); 816–821.
- [16]. Gr´eban, F., Monteil, G., Roizard, X., Influence of the structure of blanked materials upon the blanking quality of copper alloys, *Journal of Materials Processing Technology*, 186 (2007); 27–32.
- [17]. İnternet: www.matweb.com/erişim tarihi:26.08.2012
- [18]. Ulař H.B., Zeyveli M., DEMİR H., AISI D3 Çeliğinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetinin İncelenmesi, *International Iron & Steel Symposium 02-04 April 2012, Karabük, Türkiye*; 965-969.
- [19]. Huang, J.Y., Zhu, Y.T., Liao, X.Z., Beyerlein, I.J., Bourke, M.A., Mitchell, T.E., Microstructure of cryogenic treated M2 tool steel, *Materials Science and Engineering*, A339(2003);241-244.
- [20]. Çiçek, A., Ekici, E., Uygur, İ., Akıncioğlu, S., Kıvak, T., AISI D2 Soğuk İř Takım Çeliğinin Delinmesinde Derin Kriyojenik İşlemin Takım Ömrü Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması, *SDU International Journal of Technological Science*, Vol. 4, No 1, June 2012; pp. 1-9.