

55 HRC SERTLİĞİNDE ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ DIN1.2344 ESR KALIP ÇELİĞİNİN YÜKSEK İLERLEME İLE FREZELENMESİNDE TAKIM AŞINMASI-KESME PARAMETRELERİ İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ

Selim KOCA^a, Ali ORAL^b, M. Cemal ÇAKIR^c

^aFEKA Otomotiv A.Ş. Bursa

^bBa.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

^cU.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa

Özet

Bu çalışmada 55 HRC sertliğe sahip DIN 1.2344 ESR sıcak iş takım çeliği; farklı kesme parametreleri ile işlendikten sonra kesici uçlar üzerinde oluşan aşınmanın talaşlı imalat parametrelerine bağlı olarak değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Kalıp çeliğinden 100x100x20 mm ebatlarında hazırlanan 15 adet deney numunesine, 80x80x5 mm ebatlarında cep boşaltma işlemi, CNC freze tezgahında, hava soğutma kullanarak, 3 farklı kesme hızı ve 5 farklı uç başı ilerleme değerlerinde uygulanmış ve kesme parametreleri – takım aşınması ilişkisi deneysel olarak incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: DIN1.2344 ESR Sıcak İş Takım Çeliği, Kesme parametreleri, Yüksek Performans İşleme

1.Giriş

Isıl işlem uygulanmış sıcak iş takım çeliklerinin günümüzde kullanım alanı giderek artmaktadır. Özellikle plastik enjeksiyon kalıpları ve ekstrüzyon kalıplarında oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Artan kalıp ömrü talepleri neticesinde kalıp çeliklerinde daha az aşınmayı sağlayabilmek için daha sert kalıp çeliklerinin kullanımı yaygın hale gelmiştir. Bu talepleri karşılayabilmek için araştırmalar yeni imalat teknolojilerine yönelmişlerdir. Son 20 yıl içerisinde ısıtma işlemi görmüş sıcak ve soğuk iş takım çeliklerinin frezelenmesi için yüksek hızlı işleme (HSM) adı verilen yeni bir talaşlı imalat teknolojisi üzerine oldukça yoğun çalışmalar yapılmaktadır [1-5].

Yüksek hızlı frezeleme genel olarak 10000-100000 devir aralığında düşük talaş derinlikleri ve küçük çaplı takımlar ile yapılan bir talaşlı imalat yöntemidir [6]. Yüksek hızlı frezeleme ısıtma işlemi görmüş çeliklerin frezelenmesinde tek çözümdür. Konvansiyonel yöntemlerle ısıtma işlemi görmüş çeliklerin frezelenmesi günümüzde pek mümkün değildir [7]. Bu yeni teknoloji yeni takım araştırmalarını ve tezgah konstrüksiyonlarını da beraberinde getirmektedir ve bu yeni talaşlı imalat yöntemini uygulayabilmek için konvansiyonel tezgahlara benzemeyen bir makine konstrüksiyonu ve konvansiyonel karbür takımlara benzemeyen bir takım teknolojisi kullanmak zorunludur (8).

Yüksek hızlı işlemenin yanında zamanla yüksek performans işleme (HPM) denilen farklı bir araştırma alanı daha doğmuştur. HSM genelde küçük çaplı takımlar ile düşük talaş derinliklerinde uygulanırken yüksek performans işleme teknolojisinde büyük çaplı takımlar ile büyük ilerleme değerlerinde talaş kaldırma amaçlanmıştır [8].

J.A. Arsecularatne ve ark. 62 HRC sertliğindeki AISI D2 çeliğinin işlenmesinde PCBN uçlarındaki aşınmayı incelemişler; deneysel çalışmalarında $\varnothing 97 \times 300$ mm ölçülerindeki iş parçasından, SNMA-120408 ISO uçlarıyla 0,08-0,20 mm/dev ilerleme değerinde ve 70-120 m/dak kesme hızlarında, sabit

0,5 mm derinliğinde talaş kaldırmışlardır. Bu çalışmada en düşük kesme hızı olan 70 m/dak da en yüksek takım ömrü ve en büyük talaş hacmi elde edilmiştir. 0,14 mm/dev ilerleme finish operasyonlarında 0,20 mm/dev ilerleme ise kaba operasyonlar için önerilmiştir [9].

K. Raghavan 48-50 HRc sertliğindeki AISI H13 çeliğini 100-200 m/dak lık kesme hızlarında, 0,1 mm/devir ilerleme değerinde ve 1 mm talaş derinliğinde frezelemiştir. Takım aşınması ve kaldırılan talaş hacmi optimize edildiğinde en uygun kesme hızının 180 m/dak olduğu bildirilmiştir [10].

J.P. Urbanski ve ark. 52 HRc sertliğindeki AISI H13 çeliğini 150 ila 350 m/dak lık kesme hızlarında, TiN, TiCN ve TiAlN kaplamalı uçlar kullanarak, 1 mm talaş derinliğinde ve 0,1 mm/devir ilerleme değerlerinde işlemişlerdir. Takım ömrü olarak 350 m/dak kesme hızında TiAlN kaplamanın TiCN kaplamadan 4 kat daha uzun ömürlü olduğunu tespit etmişlerdir. TiCN kaplamanın ise TiN e göre bütün kesme hızlarında daha uzun takım ömrü verdiği tespit edilmiştir [6].

M. A. Elbestawil ve ark. 55 HRc sertliğindeki AISI H13 çeliğini PCBN uçlar kullanarak 220-1320 m/dak kesme hızlarında, 0,02-0,1 mm/devir ilerleme değerinde, 0,625-2 mm talaş derinliklerinde, kuru ve sıvı soğutma kullanarak işlemişlerdir. Yüksek talaş derinliğinin daha iyi takım ömrü oluşturduğu tespit edilmiş, düşük kesme hızlarında daha büyük aşınmalar elde edilmiştir. Kuru işlemede elde edilen takım ömrü sıvı işlemeye nazaran bütün kesme hızlarında daha iyi sonuçlar vermiştir [11].

C.K. Toh 52 HRc sertliğindeki AISI H13 çeliğini 10 mm çapındaki dolu karbür freze ile, 314 m/dak kesme hızında, 0,0667 mm/devir ilerleme değerinde 10,15 ve 20 mm talaş derinliklerinde, yanal kayma 0,5 mm olacak şekilde aynı yönlü ve karşıt yönlü frezeleme yöntemleri ile frezelemiş ve takım aşınması kesme kuvvetleri, işleme yönü arasındaki ilişkiyi formüle etmiştir. Kesme kuvvetinin işleme yönüne bağlı olmaksızın artan talaş derinliği ile arttığı tespit edilmiştir. Genel olarak aynı yönlü işleme yönteminde daha düşük kesme kuvvetleri elde edilmiştir [12].

J. Vivancos ve ark. 61-62 HRc sertliğindeki AISI D2 kalıp çeliğini AlTiN kaplamalı, 6 mm çapındaki dolu karbür takım ile, 6-12 mm talaş derinliklerinde, 0,05-0,3 mm yanal kayma, 0,02-0,06 mm/devir ilerleme değerlerinde 75-150 m/dak kesme hızlarında işlemişlerdir. Yüksek talaş derinliği ve kesme hızında daha düşük Ra yüzey pürüzlülüğüne ulaşılmıştır. Yanal kaymanın dik duvardaki yüzey pürüzlülüğüne etkisinin olmadığı belirtilmiştir [13].

Bu bildiri konusu olan çalışmamızda TiAlN kaplamalı, Safety RT 130414 HF 2003 kullanılmış, aynı yönlü frezeleme yapılmış, sabit talaş derinliğinde 5 farklı diş başı ilerleme ve 3 farklı kesme hızı kullanılarak takım aşınması değerleri incelenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1 Kesici Takım ve Tutucular

Yapılan çalışmada Safety RT 130414 HF 2003 kodlu TiAlN kaplamalı uç kullanılmıştır (Şekil 1). Takım tutucu olarak; 90 derece yanaşma açısına sahip RT-13/020-02-QCC20-110-R kodlu 20 mm çapında arka şaftı 19 mm olan 2 ağızlı takım tutucu kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Takım tutucu



Şekil 1: Safety uç

Talaş kaldırma çalışmaları LER VH-100 marka 2007 model CNC frezede gerçekleştirilmiştir. Tezgah gücü 15 KW, maksimum devir 14000 dev/dak, maksimum G1 ilerlemesi 10000 mm/dak dır (Şekil 3).



Şekil 3: LER CNC freze tezgahı

2.2. İş parçası özellikleri

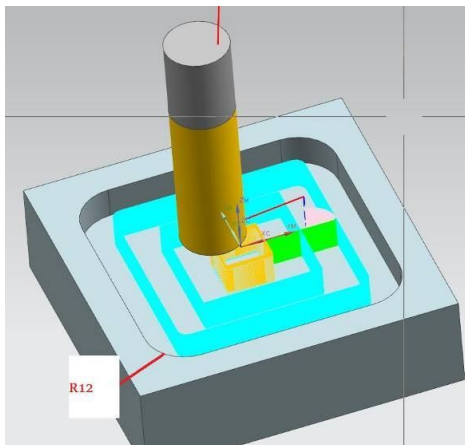
Talaş kaldırma işlemlerinde kullanılan iş parçası 55 HRC sertliğinde 2344 ESR sıcak iş takım çeliğidir. Deneylerde doğru sonuçlara götürmesi için bütün malzemeler aynı çelik kutüğünden kesilmiş, ısıl işlem öncesinde manuel freze tezgahında 100x100x20 mm ebatlarına frezelenmiştir. Aynı sertlik değerine ulaşılması için toplu olarak ısıl işleme gönderilmiş ve aynı ısıl işlem fırınında vakum ortamında sertleştirilerek 55 HRC sertliğe getirilmiştir. Talaşlı imalat deneylerinde takım BT40 bilyalı tutucuya bağlanmış ve takım boyu 60 mm alınarak takım hiç sökölmeden bütün deneyler sırasıyla

yapılmıştır. Takım sökülmediği için takım boyu sabit olarak kalmış ve takım boyunun değişmesine bağlı olarak oluşabilecek vibrasyonun takım aşınmasında değişken değerler oluşturması engellenmiştir. Aynı şekilde iş parçası kalınlıkları da 20 mm +/- 0.05 mm toleransı içerisine getirilmiş ve iş parçası mengeneye sabit altlıklar üzerine konularak sabitlenmiştir (Şekil 4).

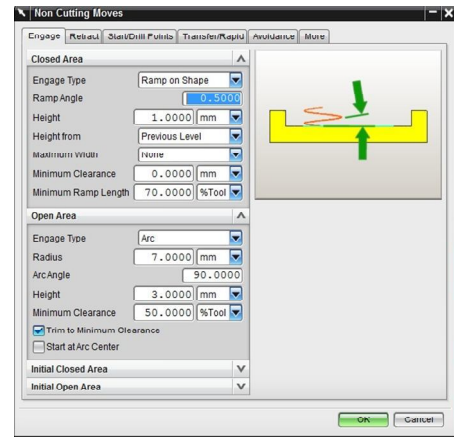


Şekil 4: Deneylerde kullanılan sabit altlık ve mengene

Bu şekilde bağlama yükseklikleri de sabit olarak tutulmuş ve değişkenlik önlenmiştir. İlk talaşta değişken talaş derinliğinin oluşmaması için her deneyden önce takım boyu Z ekseninde sıfırlanarak deneylere başlanmıştır. Kullanılan takım 20 mm çapında olduğundan açılan cebin kenarlarında 10 mm lik radyüs bırakacağı göz önüne alınarak 80x80x5 mm ölçüsünde açılan cebin kenarlarına R12 mm lik radyüs atılmıştır. Bu şekilde takım yolunun R2 lik dönüşü ile köşelerde keskin takım yolunda oluşabilecek vibrasyon sorunu engellenmiştir (Şekil 5). İşleme stratejisi olarak aynı yönlü frezeleme (down milling) seçilmiştir. Seçilme nedeni bu işleme yönteminin daha düşük kesme kuvvetleri oluşturduğunun bilinmesidir. Takımın tamamen dolu olan bir bölgeye girişi düşünüldüğünde doğrudan aksenal yönde girişte takım ucu kırılma riski taşıdığından ilk talaşlara girişte rampalama yapılmıştır (Şekil 6). Her deneyde 0.3 mm lik talaşa rampalama yaparak giren uç 5 mm lik derinliği toplamda 17



Şekil 5: Oluşturulan takım yolu



Şekil 6: Talaşa giriş-çıkış makroları

Kullanılan iş parçasının kimyasal bileşimi Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. İş parçasının kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0.39	1.0	0.40	5.30	1.40	0.90

2.3 Kesme Parametreleri

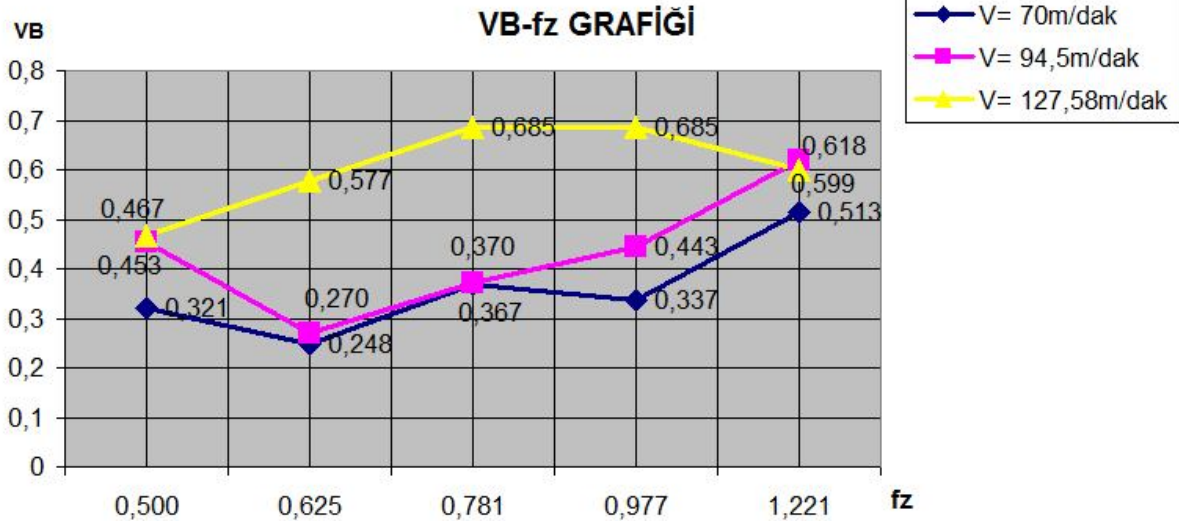
Çalışmada talaş derinliği sabit olarak tutulmuş ve 0,3 mm olarak alınmıştır. Yanal kayma da sabit olup 12 mm dir. 3 farklı kesme hızı, 70-94,5-127,5 m/dak olarak seçilmiştir. 5 farklı uç başına ilerleme değeri olarak ise 0,5 - 0,63 - 0,78 - 0,98 - 1,22 mm/devir olarak tanımlanmıştır. Toplamda 15 adet deneyde 100x100x20 mm ölçüsüne sahip kütüğün ortasına 80x80x5 mm ebatlarında bir havuz açma işlemi gerçekleştirilmiştir. Tablo 2 de deneyde kullanılan parametreler özetlenmiştir.

Tablo 2. Kesme Parametreleri

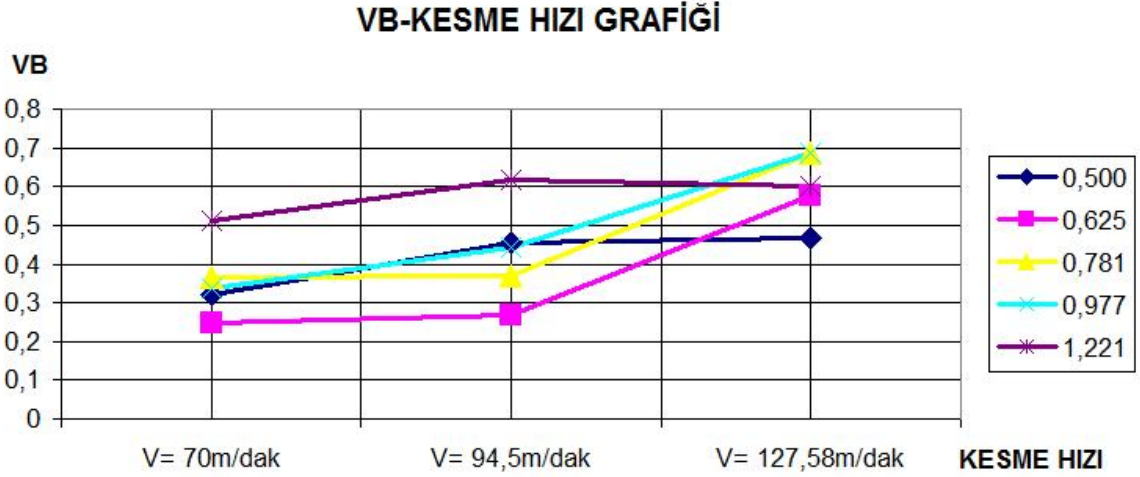
Kesme Parametreleri	
Kesme hızı (V) (m/dak)	70-94,5-127,5
İlerleme miktarı (mm/devir)	0,5-0,63-0,78-0,98-1,22
Talaş derinliği (mm)	0,3
Yanaşma açısı (°)	90

3. Sonuçların Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlar aşağıdaki grafiklerde özetlenmiştir.



Şekil 7. Aşınma – uç başına ilerleme ilişkisi



Şekil 8. Aşınma – kesme hızı ilişkisi

Grafiklerden çıkarılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir;

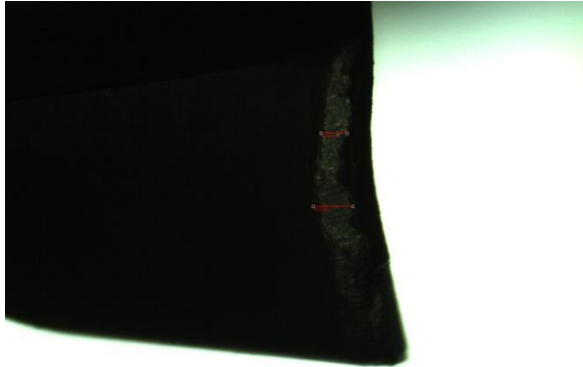
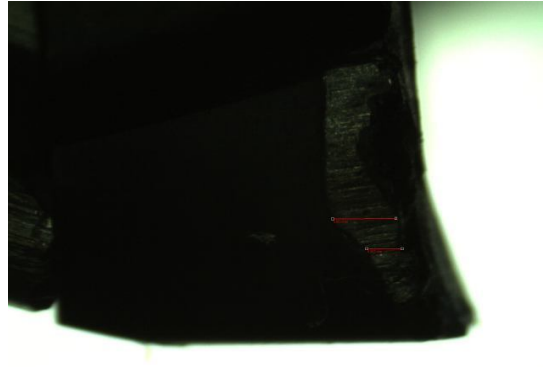
$fz=0,5$ mm/devir iken kesme hızının aşınmaya etkisi yoktur. Bu ilerleme değerinde çalışılacak ise iki kesme hızından (94,5 m/dak ve 127,58 m/dak) büyük olanı tercih edilmelidir. Artan kesme hızının işleme süresine olumlu yönde etkide bulunacağı açıktır (Şekil 7).

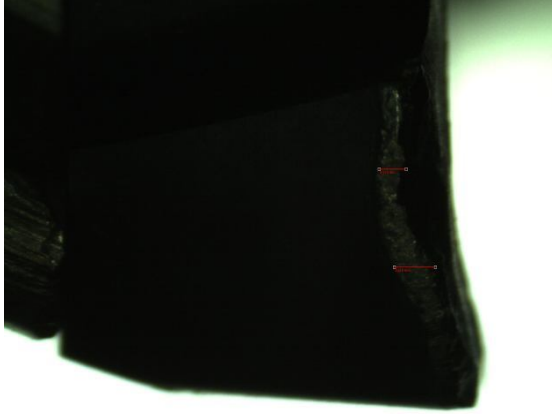
İki ilerleme değerinde ($fz=0,781$ mm/devir ve $0,625$ mm/devir) 70 m/dak ve 94,5 m/dak lık kesme hızlarında oluşan aşınmalar hemen hemen eşittir. Bu ilerleme değerinde çalışılacak ise yüksek kesme hızı olan 94,5 m/dak tercih edilmelidir. Ancak 0,781 mm/devir ilerleme değerinde 127,58 m/dak lık kesme hızında aşınma çok büyümekte ve neredeyse 2 katına çıkmaktadır (Şekil 9a, b, c, d).

Şekil 7 ve Şekil 8 de $V=127,58$ m/dak lık kesme hızında, son 2 ilerleme değeri için aşınmaların bir önceki ilerlemede elde edilen değerlere göre aynı ve düşük olduğu görülmektedir. Bunun nedeni son iki deneyde anormal seviyelere ulaşan kesme sesi ve tezgah gürültüsünden ötürü ucu kırmamak için deneyin, $fz=0,977$ mm/devir için $Z=-3,9$ mm de, $fz=1,22$ mm/devir için ise $Z=-3$ mm de sonlandırılmasıdır. İşlemeye devam edilmiş olsaydı aşınmanın çok daha yüksek değerlere ulaşılacağı kesindir.

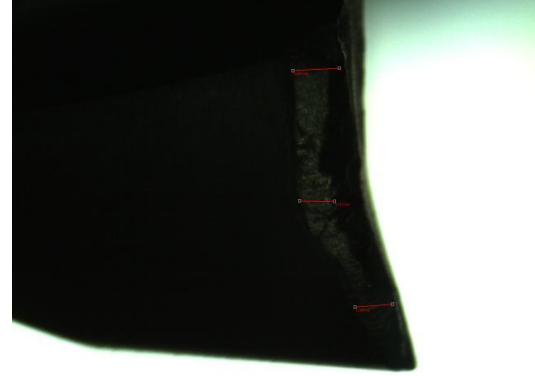
İki kesme hızında ($V=70$ m/dak ve $94,5$ m/dak) $fz=0,625$ mm/devir ilerleme değerindeki aşınma, $fz=0,5$ mm/devir ilerleme değerine göre düşük çıkmıştır. Düşük ilerleme değerinde takımın iş parçası ile daha uzun süre temas etmesi sonucu oluşan ısının aşınmayı tetiklediği ve arttırdığı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın devamı olarak işlenen 15 adet deney numunesi üzerindeki kalıntı gerilmeler ölçülecek ve işleme parametrelerinin kalıntı gerilmeler ile olan ilişkisi araştırılacaktır. Kalıntı gerilme ölçümleri sırasında takımın parçaya ilk giriş noktaları ve ilerleme yönündeki gerilmeler ölçülecek, kalıntı gerilmeye talaş giriş noktasının etkisi de incelenecektir.

a: $fz=0,625$ $V=70$ m/dakb: $fz=0,781$ $V=70$ m/dak



c: $fz= 0,625$ $V= 94,5$ m/dak



d: $fz= 0,781$ $V= 94,5$ m/dak

Şekil 9. Ölçülen aşınma değerleri

4. Kaynakça

Helen Coldwell, Richard Woods, Martin Paul, Philip Koshy, Richard Dewes, David Aspinwall, Rapid machining of hardened AISI H13 and D2 moulds, dies and press tools, *Journal of Materials Processing Technology* 135, (2003), 301–311.

P. FallboÈhmer, C.A. RodrÃ³guez, T. OÈzel, T. Altan, High-speed machining of cast iron and alloy steels for die and mold manufacturing, *Journal of Materials Processing Technology* 98, (2000), 104-115.

G. Poulachon, M. Dessoly, C. Le Calvez, J.L. Lebrun, V. Prunet , I.S. Jawahir, An investigation of the influence of sulphide inclusions on tool wear in high speed milling of tool steels, *Wear* 250, (2001), 334-343.

Y. Sahin, Comparison of tool life between ceramic and cubic boron nitride (CBN) cutting tools when machining hardened steels, *Journal of Materials Processing Technology* 209, (2009), 3478-3489.

B. Kecelj, J. Kopač, Z. Kampuš, K. Kuzman, Speciality of HSC in manufacturing of forging dies, *Journal of Materials Processing Technology* 157–158, (2004), 536–542.

J.P. Urbanski, P. Koshy, R.C. Dewes, D.K. Aspinwall, High speed machining of moulds and dies for net shape Manufacture, *Materials and Design* 21, (2000), 395402.

J. Vivancos , C.J. Luis , L. Costa , J.A. Ortíz, Optimal machining parameters selection in high speed milling of hardened steels for injection moulds, *Journal of Materials Processing Technology*, 155–156 ,(2004), 1505–1512.

High speed machining and conventional die and mould machining, Sandvik Coromant, 2006, Metal working world.

J.A. Arsecularatne , L.C. Zhang, C. Montross , P. Mathew, On machining of hardened AISI D2 steel with PCBN tools, *Journal of Materials Processing Technology* 171, (2006), 244–252.

K. Raghavan, Facemilling of hardened die steel using CBN tooling, M.Sc. Project Report, Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Machine Tool and Manufacturing Technology, University of Birmingham, UK, 1985.

M.A. Elbestawil, L. Chenz, C.E.Beczal, T.I.El-Wardanyl, High-speed Milling of Dies and Molds in Their Hardened State, *Manufacturing Technology*, Volume 46, Issue 1, Pages 1-508, 1997.

C.K. Toh, Static and dynamic cutting force analysis when high speed rough milling hardened steel, *Materials and Design* 25, (2004), 41–50.

J. Vivancos , C.J. Luis, J.A. Ortiz , H.A. Gonz´alez, Analysis of factors affecting the high-speed side milling of hardened die steels, *Journal of Materials Processing Technology* 162–163, (2005), 696–701.