

**SOĞUK DÖVME TEKNİĞİ İLE BAĞLANTI ELEMANI
ÜRETİMİNDE KULLANILAN PLASTİK ŞEKİL VERME
TEKNOLOJİLERİ**

“UMAS 2017 ‘de sunulmuş ve genişletilmiş bildiridir.”

Vedat BAŞDEMİR¹, Alper BAYGUT², Osman ÇULHA³

¹BOLT AR-GE (BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş.), Bursa, TÜRKİYE

²BOLT AR-GE (BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş.), Bursa, TÜRKİYE

³Manisa Celal Bayar Üniv, Müh. Fak., Metalurji ve Malzeme Müh Bölümü, Manisa, TÜRKİYE

vedat.basdemir@bolt.com.tr

Özet-Bu bildiri; BOLT Bağlantı Elemanları San. Tic. A.Ş ‘de, plastik şekil verme teknolojileri kullanılarak; soğuk dövme tekniği ile bağlantı elemanı üretiminde dikkat edilmesi gereken noktalar, plastik şekil vermenin malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki avantajları, operasyon dizilimi ve mekanik özelliklerdeki gelişimi gösteren analiz örnekleri ile birlikte anlatılmıştır. Dövme prosesi ile şekillendirmede, diğer plastik şekillendirme yöntemlerine göre daha hassas ürün geometrisi elde edilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca soğuk olarak gerçekleşen dövme prosesi; işlemin oda sıcaklığında gerçekleşmesi, üretim sırasında tufal formasyonunun meydana gelmemesi, son ürün ölçü hassasiyet toleranslarının oldukça düşük değerlerde olması, hızlı üretim akışına sahip olması, son ürün yüzey ve mekanik özelliklerinin alternatif üretim yöntemlerine göre daha gelişmiş olması gibi avantajlarından dolayı karmaşık şekilli iş parçalarının şekillendirmesi için üretim yöntemi olarak benimsenmiştir. Net shape şekillendirme işlemine yakın olarak gerçekleşen bu dövme işleminde, kalıp tasarımı ve malzeme akışı kontrolü prosesin en kritik noktalarıdır. Simülasyon destekli şekillendirme analizleri ile kalıp tasarımı ve dizilimine ait sanal üretim sonuçları incelenmiş, dövme kuvveti, akış çizgileri, gerilme dağılımı ve kritik üretim parametreleri elde edilmiştir. Kafa çapı ile flanş arasında yüksek fark bulunan bu gibi parçalardaki kesit değişim bölgesinde önemli derece de gerilim yığılması ve kuvvet gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Akış çizgileri ise makro dağılama sonucunda simülasyon verileri ile benzer olduğu görülmüştür. Bu çalışmada; operasyon sayısı ve kalıp tasarımına göre, soğuk dövme ile bağlantı elemanı üretimine ait simülasyon destekli imalat işlemi gerçekleştirilmiştir. Mekanik ve metalografik karakterizasyon sonucunda sertlik değerlerinin strain yüksek bölgelerdeki artışı gözlemlenmiş ve deformasyon oranı ile arttığı ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler- Plastik Şekil Verme, Soğuk Dövme, Simülasyon

PLASTIC FORMING TECHNOLOGIES USED IN FASTENER MANUFACTURING WITH COLD FORMING TECHNIQUE

Abstract-In this study; points to be noted in cold forming production using plastic forming techniques for fasteners in BOLT Fasteners, advantages of plastic forming on material's mechanical and physical features has explained with operational alignment and analysis examples which shows development of mechanical features. Forming by forging process, according to other plastic forming techniques, are preferred due to obtaining more precise geometrical product. In addition, forging process took place as a cold forging has some advantages like the process takes place at room temperature and oxide layer formation doesn't occur during the production, measurement precision tolerances of the final product is quite low values, has a faster production flow, improved surface and mechanical properties of the final product as compared to the alternative production methods. In this forging process, which is close to the net shape forming process, mold design and material flow control are the most critical points in the process. Forging force, flow lines, stress distribution and critical production parameters have been obtained by simulating assisted shaping analysis and examining the virtual production results of mold design and sequencing. A significant degree of stress buildup and force demand arises in the cross-sectional area of such parts, which has a high difference between the head diameter and the flange. The flow lines were found to be similar to the simulated data as a result of macro-etching. In this study; According to the number of operations and the mold design, the manufacturing process with simulated support for cold forging and connection element production has been realized. As a result of mechanical and metallographic characterization, the hardness values were observed to increase at high strain rates and were found to increase with deformation rate.

Key Words- Plastic forming, Cold forming, Simulation

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

“Soğuk Dövme” yada “Soğuk Şekillendirme” malzemenin bir kalıp içerisine sıkıştırılarak, kalıbın şeklini almasının sağlandığı soğuk sıkıştırma türüdür. Soğuk dövme; metalleri oda sıcaklığında şekillendirmek için metalin plastik özelliklerinden yararlanır. Belirli bir hacme sahip katı cismin başlangıç kesitini başka bir kesite dönüştürmek amacıyla uygulanan ve bu işlem sırasında cismin malzemesinde kütle ve bileşim değişikliğine yol açmayan yöntemler, genel olarak plastik şekil verme yöntemleri olarak tanımlanmaktadır. Malzemenin Plastik Şekil verme proseslerinden bir tanesi olan Soğuk şekillendirme prosesi; son ürün yüzey ve mekanik özelliklerinin alternatif üretim yöntemlerine göre daha gelişmiş olması, hızlı üretim akışına sahip olması, işlemin oda sıcaklığında gerçekleşmesi, üretim sırasında tufal oluşumunun meydana gelmemesi, son ürün ölçü hassasiyet toleranslarının oldukça düşük değerlerde olması gibi avantajlarından dolayı karmaşık şekilli iş parçalarının şekillendirmesi için üretim yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Plastik şekil verme işlemleri sac ve kütle şekillendirme olmak üzere 2 grupta sınıflandırılmaktadır. Sacların plastik olarak şekillendirilmesinde, belli bir cidar kalınlığına sahip içi boş hacimlerin elde edilmesi esasına dayalı bir kalıcı deformasyon uygulanırken kütle şekillendirmesinde; yarı mamul olan iş parçasının, etkiyen farklı yönlerdeki yüksek gerilmeler ile karmaşık geometrilere sahip kalıpların şeklini alması sağlanmaktadır. Ayrıca, plastik şekillendirme yöntemleri uygulanan gerilme çeşidine göre 5 farklı gruba ayrılmaktadır [1-2].

Soğuk dövme prosesini diğer yöntemlerden ayıran en önemli özelliği nihai ürün şeklinin düşük toleranslarda elde edilmesi ve ikinci bir işleme tabi tutulmamasıdır. Dövme yöntemi ile üretilen parçaların geometrik doğruluğu hammadde boyutlandırması, ısı işleme, tufal uzaklaştırması ve yüzey işleme, kalıp geometrisi, tasarımı, kalıp-hammadde arasındaki sürtünme katsayısı, kalıbın elastik deformasyonu ve prosesin uygulandığı pres gibi üretimden kaynaklı bir çok parametreden etkilenmektedir. Bu parametrelerin içinde pres çeşidi ve kapasitesi iş parçasının doğruluğunu yakından etkileyen faktörlerdir. Malzemeye istenen fiziksel ve mekanik özellikler malzeme akışı ve kontrollü deformasyon sayesinde kazandırılmaktadır. Proses dizayn edilirken pres yükü, kalıp merkezlenmesi ve deformasyonun sürekli kontrol edildiği (flow control forming (FCF)) çoklu süreç sürekli şekillendirme işlemlerindeki dövme makinelerinin parça etkisi tartışılmış ve parça doğruluğunu artırıcı yeni tasarımlar geliştirilmiştir. Proses dizayn edilirken bir diğer hususta önceden belirlenmiş proses durum parametreleri ve takım geometrisine dayalı çok aşamalı soğuk şekillendirme süreçlerinin analizinin yapıp simülasyon ve yapay sinir ağları modeli kullanmanın kazandırdığı tasarım avantajlarıdır [3,4]. Kim Hyunkee ve Taylan Altan [5] 1996 yılında yaptıkları çalışmada, literatürde bulunan soğuk dövülmüş parçalar ile dövme endüstrisi hakkında sektör bilgileri yer almaktadır. Örnek bir soğuk dövme parçası için her bir istasyonda ortaya çıkan boyutlar ve süreç dizileri hakkında bilgiler verilmiş ve bir bilgisayar programının kütüphanesine eklenmiştir. Proses dizaynı sırasında kullanılan bu asistan program sonlu elemanlar model simülasyon, desteği ile herbir ürün için dizayn çevrim süresini ve soğuk dövme dizilerinin tasarımını gerçekleştirmektedir. Ayrıca, yüksek mukavemetli hafif ürünlerin fonksiyonel entegrasyonu sayesinde soğuk dövülmüş ürünlere artan talep üretim süreçlerinin yeni bir sınıfının gelişmesine yol açmıştır. Özellikle ağırlığın önemli bir faktör olduğu otomotiv ve dayanıklı tüketim mallarında kullanılan sacların ince fakat mukavemet açısından daha üstün özellikte olması istenmektedir. Malzemeyi değiştirmeden sadece üretim yönteminde değişiklikler yapılarak aynı kalınlığa sahip ürünlerde daha yüksek mukavemetler elde edilmektedir. Karmaşık şekle sahip olmayan bu sac şekillendirme de bazen levha veya plaka yarı mamul ürünler, toplu şekillendirme işlemlerinin uygulanması ile istenen özelliklere sahip yeni ürünler oluşturulmaktadır. Bu proses dizaynı ve üretim safhalarının optimizasyonu için yine modelleme ve simülasyon yöntemlerinden faydalanılmıştır. Üretim hızı da prosesi dizayn ederken incelenmesi gereken bir diğer konudur. Performans, maliyet, üretilebilirlik, enerji ve kaynakların verimli kullanılması, güvenlik ve çevresel etkenler ile birlikte dizayn edilen proseste üretim hızına etki eden parametreler birlikte süperplastik şekillendirme değerlendirilmiştir.

Ar-Ge faaliyetlerinin en önemli noktasını tasarımın doğrulandığı ve hatta geliştirildiği model simülasyon uygulamaları oluşturmaktadır. Statik ve dinamik analizler başta olmak üzere, şekillendirme ve termal proseslerin gerilme ve strain dağılımı, şekil değişimi, artık gerilmeler, sıcaklık dağılımları ve son ürün boyutsal değişimi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Özellikle spesifik konular üzerinde geliştirilmiş bilgisayar destekli mühendislik çözümlerinde, sac şekillendirme, sıcak-soğuk haddeleme, dövme ve ekstrüzyon uygulamaları yanı sıra kaynaklı üretim sonucu ortaya çıkan yeni kesitlerdeki fiziksel ve mekanik özelliklerin öngörülmesinde kullanılan bir çok yazılım bulunmaktadır. Soğuk dövme prosesi sonucunda üretilmesi planlanan son ürün geometrisinin, kalıp tasarımına bağlı olarak doğruluğunun deneme üretimleri yerine bilgisayar ortamında yapıp gerekli görüldüğü taktirde revizyona gidilmesi kalıp maliyetlerinde ve iş planında önemli avantajlar sağlamaktadır. Kalıp performansı soğuk şekillendirme proseslerinde doğrudan iş parçası şeklini etkilemekte ve kalıptaki herhangi bir sorun veya tasarım hatası doğrudan iş parçası üzerinde karşımıza çıkmaktadır. Kalıptan ve üretim prosesi

tasarımından kaynaklı bu olması muhtemele hatların önüne geçilmesi, daha ekonomik ve verimli proses dizaynı, yeni ürün geliştirme ve özgün ürünlerin tasarlanması için CAD (Bilgisayar destekli dizayn) yazılımlarına ilave olarak CAE (bilgisayar destekli mühendislik)'lere ihtiyaç duyulmaktadır. Literatürde var olan çalışmalarda son ürün geometrisi ve geri yaylanma (elastik toparlanma) [6], General Motors, Chrysler ve Ford gibi otomotiv firmaların uyguladığı QS 9000 standardında iş parçası toleranslarının elde edilmesi [7], kütle şekillendirme proseslerinde CAD, CAM ve CAE uygulamalarının kalıp ve son ürün mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkisi, simülasyonun günümüzdeki ve gelecekte olması muhtemel uygulamaları [8-9], sonlu elemanlar model simülasyon yöntemi kullanılarak tersinir analiz ile sürtünme katsayısı ve akış çizgilerinin elde edilmesi [10], kalıp tasarımındaki avantajları ve uygulamalarına ait örnekler incelenmiştir [11].

Çalışma konusu olan Civata bağlantılı vibrasyon kontrol elemanları (titreşim takozu), kauçuk malzeme yapılarındaki iç sürtünmeler yardımıyla titreşimleri (titreşime neden olan enerji yığılmalarını) yutarlar, sönümlerler. Birbirine bağlı çalışan sistem elemanları arasında çarpmaya, darbeye karşı koruma sağlarlar. Sistem elemanlarının üretim toleranslarından kaynaklanan boşlukları karşılarlar. Böylelikle sistem parçalarına gelen eksen el ve radyal hareketi, kuvvet yığılmalarını azaltarak uzun ömürlü çalışmalarını sağlarlar. Motor, dizel motor, kompresör, jeneratör, pompa, hidrofor, makina, havalandırma kanalları, fan - vantilatör, iş makinaları, inşaat makinaları, konveyör ve bant sistemleri, tarım araç - gereçleri, denizcilik (marine) ekipmanları, trafolar, test cihazları, kurutma makinaları, elekler, vibrasyonlu çapak alma makinaları, amortisör, boru sabitleyicileri, platformlar, darbeli çalışan presler gibi titreşime maruz kalan birçok sistemde kullanılmaktadırlar. Bu bağlantı elemanının soğuk dövme proses ve kalıp tasarımını simülasyon destekli yapılması ve her bir operasyon sonuçlarının karşılaştırılması ile muhtemel dövme hatalarının, kalıp kırılmalarının önüne geçecek tasarımların yapılması hedeflenmiştir.

Şekil verme aşamasında, mamulün kafa çapı ve kafa kalınlığı arasındaki orantı, hammaddenin plastik şekil vermeye uygun olup olmadığı, mamuldeki toleransların darlığı, kafada kopmaya neden olan unsurlar (radyüs, shaft) dikkat edilmesi gereken noktalardır.

Üretilmesi istenen parçanın dizayn aşamaları bu noktada önem arz etmektedir. Üretilmesi istenen mamulün kademe geçişleri ve dizayn numunelerinin ilk parçası makine seçme kriteri için çok önemlidir. İlk numune hammadde çapı makine gücünü, mamul üzerindeki kademe geçişleri ise çoklu kalıp seçimini belirlenmesinde etkin rol oynar.

Tablo 1. Dövme işlemlerinin işlem karakteristiklerinin karşılaştırılması [12]
(Comparison of processing characteristics of forging operations)

	SICAK	ILIK	SOĞUK
ÇELİK SINIFI	Herhangi	C istenir, Diğer alaşım elementleri < %10	Düşük alaşım çelikler (C < % 0,45, diğerleri < %3)
ŞEKİL	Alttan kesme olmadan herhangi	Alttan kesme olmadan dönel-simetrik	Alttan kesme olmadan dönel-simetrik
YÜZEY KALİTESİ	Düşük	Orta	Yüksek
ARA İŞLEMLER	Gerekli Değil	Yüzey işlemine gerek yok	Ara Tavlama ve Fosfat Kaplama
DEFORMASYON BASINCI	Düşük	Orta	Yüksek
ENERJİ MALİYETİ	Yüksek	Orta	Düşük
TOLERANS	Bol	Yakın	En Yakın
TAKIM MALİYETİ	En Düşük	Yüksek	Yüksek

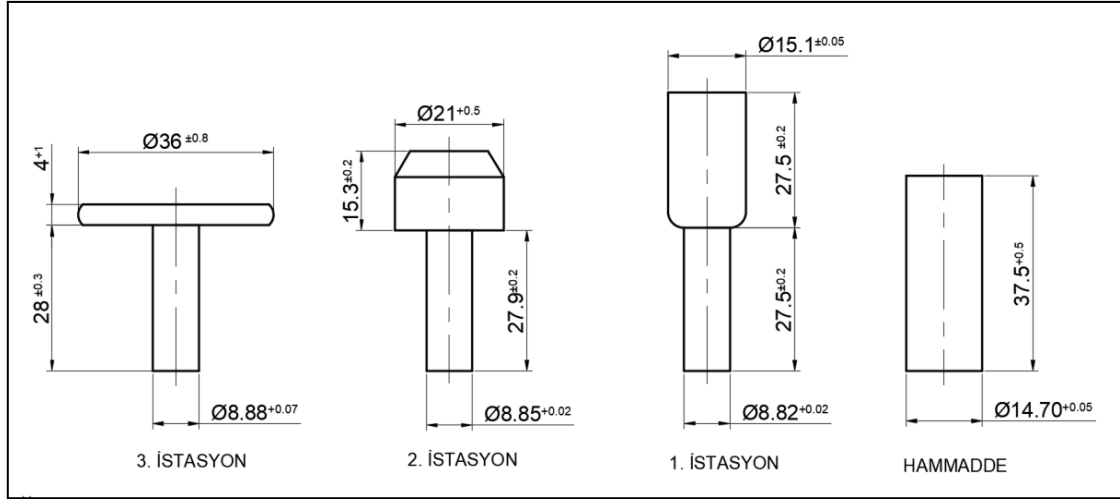
2. YÖNTEM (METHOD)

Plastik şekil verilerek üretilmiş mamülün operasyon verilerini bilgisayar destekli simülasyon programına girerek; simülasyon destekli üretim yapılmıştır. Bu süreçte plastik şekil verilebilir, dövülebilir ve ısı işlem yapılabilir çelikleri içeren hammadde standardı olan EN 10263-4 kullanılarak hammadde seçilmiştir. Kullanılacak olan 20MnB4 hammaddeye ait standart ve gerçekteki kimyasal kompozisyon Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 2. EN 10263-4 e göre hammadde kimyasal kompozisyonu karşılaştırılması
(Comparison of raw chemical composition according to EN 10263-4)

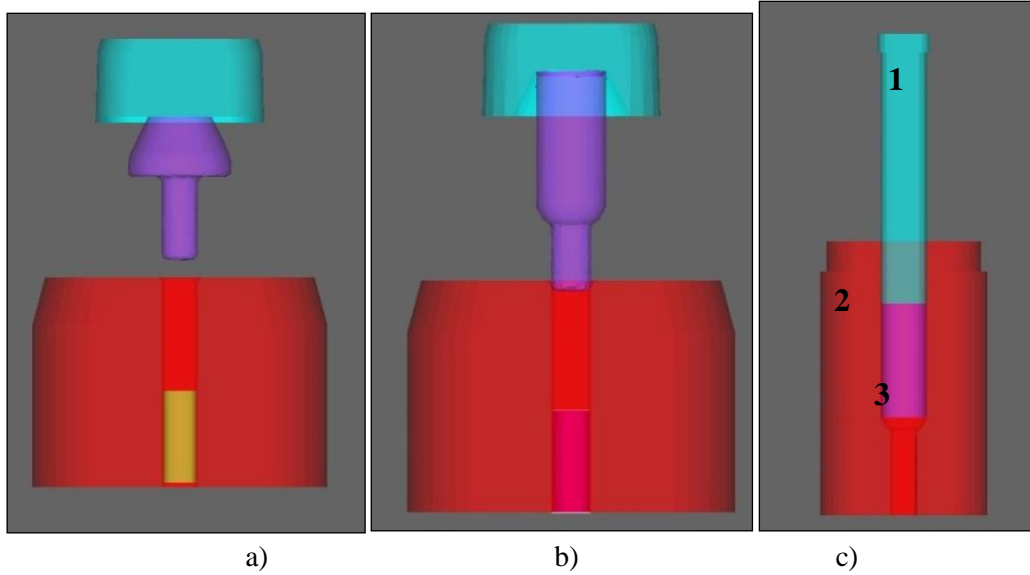
Çelik Adı	C	Si (max)	Mn	P (max)	S (max)	Cr (max)	Cu (max)	B	AÇIKLAMA
20MnB4	0,18	0,30	0,90	0,025	0,025	0,30	0,25	0,0008	STANDART 10263-4
	-		-					-	
	0,23	1,20	-	0,005					
	0,21	0,08	0,99	0,004	0,009	0,19	0,03	0,0033	KULLANILAN

Titreşim takozu bağlantı elemanı, soğuk dövülebilir kabiliyeti ve operasyonlar arası geçiş göz önüne alınarak; üç istasyonda, üç operasyonda plastik şekil değişikliğine uğratarak üretilmiştir. Kalıplar arası operasyon geçişleri Şekil 1de ki gibi tasarlanmıştır.



Şekil 1. Operasyon tasarımı istasyon numuneleri (Operation design station samples)

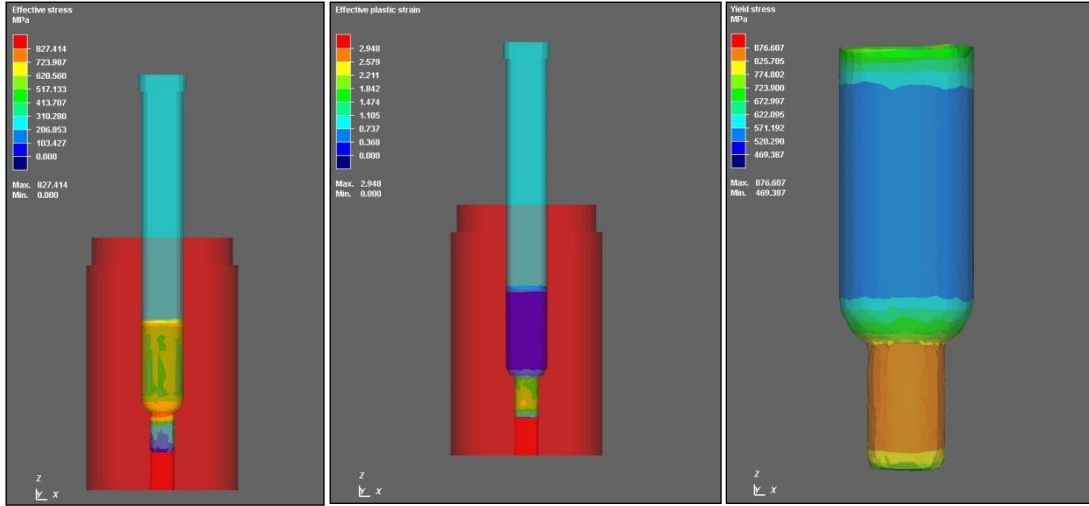
Gerçek üretim operasyon resimlerine göre gerçekleştirilen üretime ait plastik şekil verilmiş numune mikroyapıları Resim 1 'de gösterilmiştir. Plastik şekil verme sırasındaki lif akışları, mikroyapı dağılımı incelenmiştir.



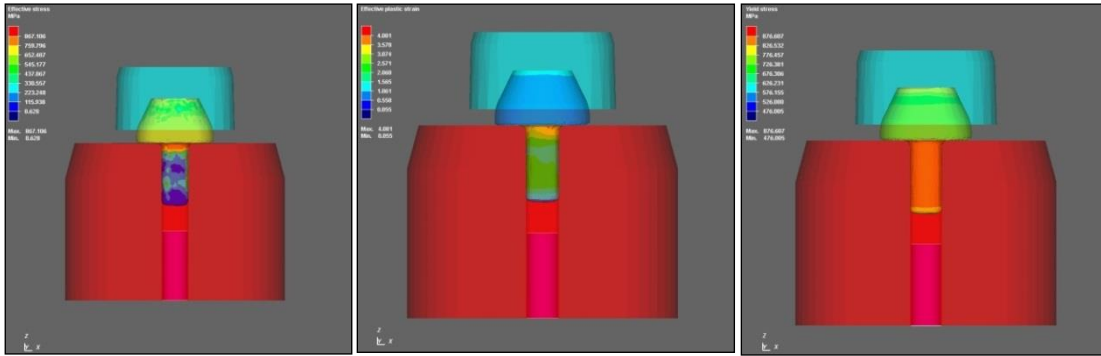
Şekil 2. Simulasyon uygulamasında kullanılan kalıp dizilimi ve her bir istasyondan çıkan mamülün bir sonraki kalıba montajı
1-Üst Kalıp 2-Hammadde 3-Alt Kalıp

The die layout used in the simulation application and the next die assembly of the product from each station

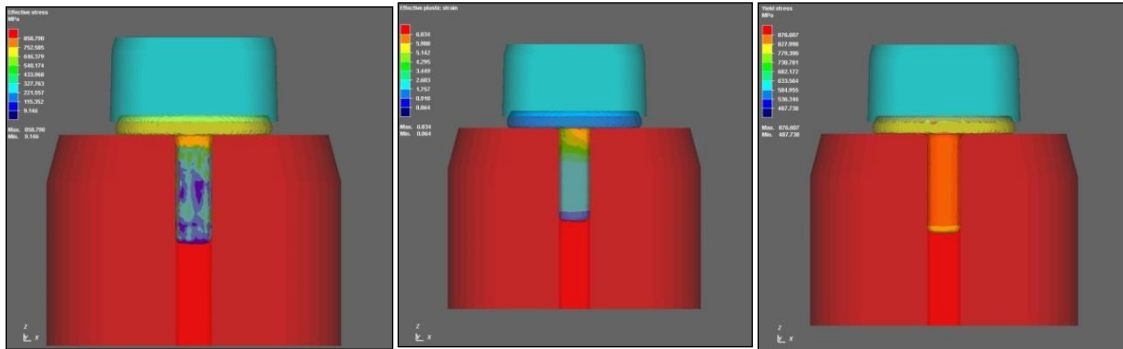
1-Upper Die 2-Raw Material 3-Bottom Die



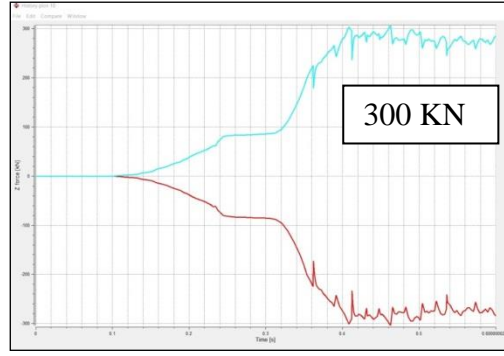
Şekil 3. 1.İstasyon Simülasyonu (1.Station Simulation)



Şekil 4. 2.İstasyon Simülasyonu (2.Station Simulation)



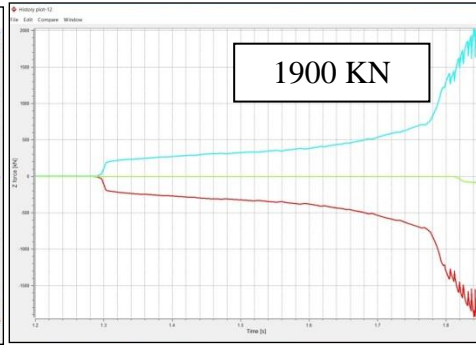
Şekil 5. 3.İstasyon Simülasyonu (3.Station Simulation)



Şekil 6. 1.istasyon kuvvet deplasman (1.Station force – displacement)



Şekil 7. 2.istasyon kuvvet deplasman
(2.Station force – displacement)

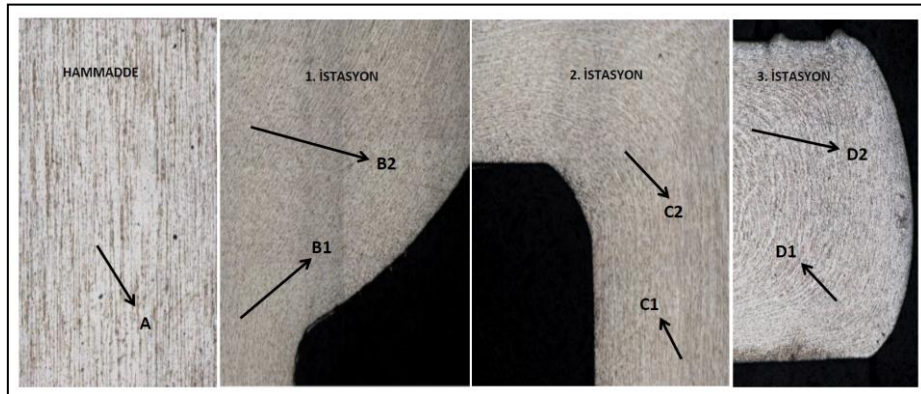


Şekil 8. 3.istasyon kuvvet deplasman
(3.Station force – displacement)

3. TEST, ANALİZ, KARAKTERİZYON (TEST, ANALYSIS, CHARACTERISATION)

3.1. Metalografik Analiz (Metallographic Analysis)

Malzemenin mikroyapısal özelliklerini incelemek amacıyla metalografik analiz gerçekleştirilmiştir. Bağlantı elemanındaki kesit değişim bölgelerine odaklanılarak yüksek yüzey alanında iç yapı görüntüleri elde edilmiştir. Şekil 9 da hammadde, 1,2,3. operasyonlardaki numunelere ait inceleme sonuçları bulunmaktadır. Malzeme akışı plastik şekil verme bazında istenen yönlenmeye sahip olduğu ve tam olarak yüzeye ulaşmadığı görülmüştür.



Şekil 9. Operasyon geçişleri mikroyapılar (Station Microstructure)

3.2. Metalik Özellikler (Mechanical Properties)

Operasyonların, mikrosertlik incelemesi Şekil 9 da görüldüğü gibi A, B1, B2, C1, C2, D1, D2 bölgelerinden ölçülmüştür.

Tablo 3. Bölgesel Sertlik Ölçümü ve Mukavemet Çevrimi

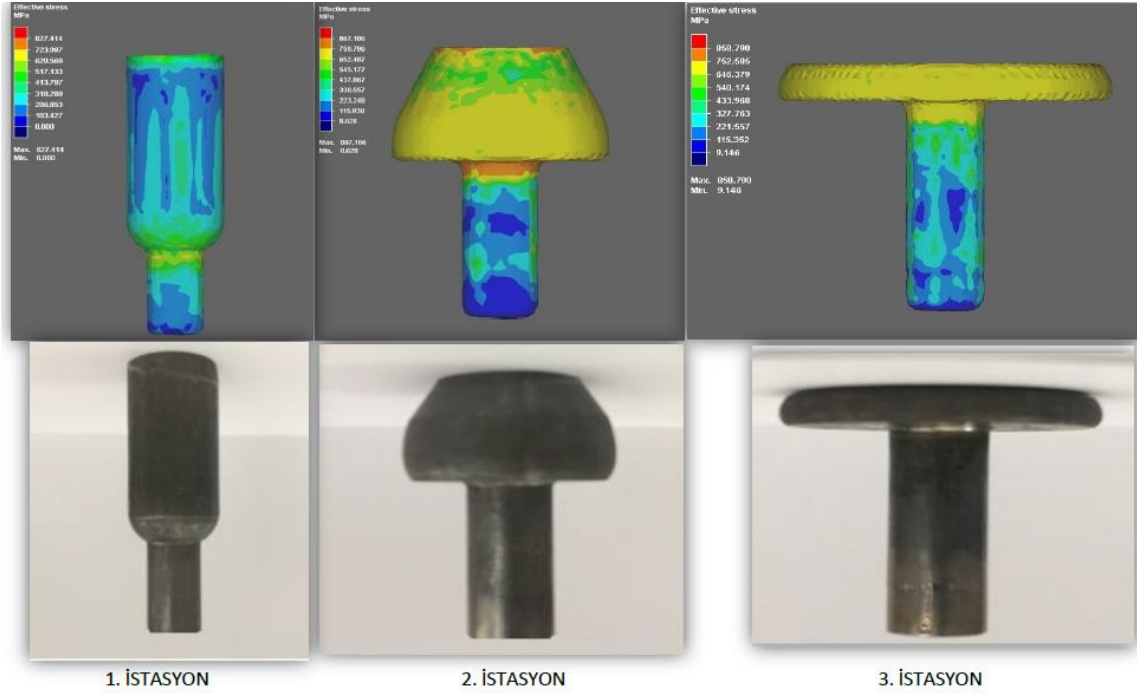
BÖLGE	A	B1	B2	C1	C2	D1	D2
SERTLİK (HV1)	190	234	236	230	235	270	265
SERTLİK MUK ÇEVİRİM N/mm ² (EN ISO 18265)	610	755	755	740	755	865	850

3.3. Makro Dağlama (Macro Etching)

Malzemedeki plastik deformasyon lif yapısını ortaya çıkarmak amacıyla her bir operasyon numunesine makro dağlama işlemi uygulanmıştır. Operasyonlar arası lif akışları bozulmadan geçiş sağlanmıştır.

Resim1. Makro dağlanmış operasyon numuneleri





Şekil 10. Simülasyon numuneleri ve gerçek üretim numuneleri

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Simülasyon destekli sanal üretim faaliyetleri ile elde edilen operasyon bazında kuvvet gereklilikleri üretim altyapısına uygun sonuçlar çıkarmıştır. Kalıp tasarımı ve bilgisayar ortamındaki üretim sonuçlarına ait veriler analiz edilerek prototip imalat aşamasına geçilmiş ve proje araştırma konusu ürüne ait örnek numuneler elde edilmiştir. Bu noktada temel karşılaştırma parametresi operasyon bazında simülasyon ve gerçek üretim sonuçlarının karşılaştırılması incelendiğinde; malzeme akış çizgileri, mikroyapı ve sertlik incelemeleri, simülasyon sonuçları ile örtüşmekte ve gerekli standartları ve şartnameleri sağlamaktadır. Bu çalışmada elde edilen bilgi ise, bilgisayar destekli tasarım ve simülasyon sonuçları ile üretim faaliyetleri ile gerçek üretim sonuçlarının - doğru veriler kullanıldığında - gerçek değerlere en yakın veriler üretiyor olmasıdır. Dolayısıyla tasarım çalışmalarında, simülasyon destekli Mühendislik uygulamaları imalat sanayinde önemli bir yere sahiptir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Callister W. D. (2007): “Material Science and Engineering: An Introduction”, 7. Basım, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah, Amerika.
- [2]. Dieter G. E. (1988): “Mechanical Metallurgy, SI Metric Edition”, University of Maryland, McGraw-Hill Book Co..
- [3]. N. Ishinaga, ‘An advanced press design for cold forging’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 71, Issue 1, 1 November 1997, p.100-104.
- [4]. Quang-Cherng Hsu, Rong-Shean Lee, ‘Cold forging process design based on the induction of analytical knowledge’ , Journal of Materials Processing Technology, Volume 69, Issues 1–3, September 1997, p.264-272.
- [5]. Hyunkee Kim, Altan Taylan, ‘Cold forging of steel -practical examples of computerized part and process design’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 59, Issues 1-2, 15, 1996, p.122-131.
- [6]. B.Y. Jun, S.M. Kang, M.C. Lee, R.H. Park, M.S. Joun, ‘Prediction of geometric dimensions for cold forgings using the finite element method’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 189, Issues 1–3, 6 July 2007, p.459-465.
- [7]. M. Meidert, M. Hänsel, ‘Net shape cold forging to close tolerances under QS 9000 aspects’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 98, Issue 2, 29 January 2000, p.150-154.
- [8]. Taylan Altan, Victor Vazquez, ‘Status of process simulation using 2D and 3D finite element method ‘What is practical today? What can we expect in the future?’’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 71, Issue 1, 1 November 1997, p. 49-6.
- [9]. Lee Jin-Hee, Kang Beom-Soo, Lee Jung-Hwan, ‘Process design in multi-stage cold forging by the finite-element method’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 58, Issues 2–3, 15 March 1996, p.174-183.
- [10]. Hyunjoong Cho, Taylan Altan, ‘Determination of flow stress and interface friction at elevated temperatures by inverse analysis technique’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 170, Issues 1–2, 14 December 2005, p.64-70.
- [11]. Victor Vazquez, Taylan Altan, ‘New concepts in die design — physical and computer modeling applications’, Journal of Materials Processing Technology, Volume 98, Issue 2, 29 January 2000, p. 212-223.
- [12]. Sheljaskov S. (1994): “Current Level Of Development Of Warm Forging Technology”, Journal of Materials Processing Technology, Cilt 46, sf. 3-18.