

HALAT KANCASI İMALATI İÇİN BİLEŞİK KALIP TASARIMI

Hasan ŞEN¹, Yasin KİŞİOĞLU²

Makine Eğitimi Bölümü, Kocaeli Üniversitesi, Eski İstanbul yolu 10.km.

Umuttepe Yerleşkesi, 41380, Umuttepe, KOCAELİ

¹ hasansen1@hotmail.com ve ² ykisioglu@kou.edu.tr

Özet:

Bu çalışmada, dört farklı metal şekillendirme işlemlerine ayrı ayrı tabi tutularak üretilen bir halat kancası için bir bileşik kalıp tasarımı yapılmıştır. Klasik yöntemlere dayalı tasarımların ve buna dayalı üretimlerin, zaman kaybına ve üretim maliyetinin yükselmesine sebep olduğu bilinen bir gerçektir. Bu yüzden bileşik kalıbın tasarımında zaman kaybını önlemek amacı ile bilgisayar destekli katı modelleme teknikleri uygulanmıştır. Tasarlanan bileşik kalıp, dört ayrı operasyonu kendi bünyesinde birleştirerek tek operasyonda kancanın imalatını gerçekleştirmektedir. Kalıbın tasarımı için kayar kam mekanizma çiftleri fonksiyonel olarak dizayn edilmiş ve kullanılmıştır. Kullanılan mekanizma çiftleri için gerilme analizi yapılmış olup, herhangi bir hasara neden olmayacak şekilde tüm kalıplama kuvveti ve dolayısı ile kullanılacak presin gücü hesaplanmıştır. Geliştirilen bileşik kalıp vasıtasıyla, üretici firmaya yaklaşık %87 zaman kaybı önleme ve maliyet düşürme fırsatı sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Bileşik kalıp tasarımı, Kalıplama kuvveti, Kam mekanizmaları, Katı modelleme teknikleri, Bilgisayar destekli tasarım.*

Abstract:

In this study, a compound die is designed to produce a rope hook manufactured using four different metal forming processes. It is well known that design based on traditional methods and corresponding productions causes time consuming and high production cost. In order to avoid the time consuming for the compound die design, computer aided solid modeling techniques are used. The compound die designed in this study is performing to produce the rope hook by means of combining the four different metal forming processes in one operation. In addition to this, cam mechanisms are used as a functional die tools in the design. The stresses occurred in the pairs of cam mechanisms are analyzed and the required total die force and the power of the press are specified. With the aid of the developed compound die, approximately 87% time consuming and cost reduction is provided to the manufacturer.

Key Words: *Compound die design, Required forming force, Cam mechanisms, Solid modeling techniques, Computer aided design.*

1. GİRİŞ

Bu çalışmada bahsedilen halat kancası, ticari yük taşıma kamyonlarının kasasında taşınan yüklerin bağlanmasında ve sabitlenmesinde kullanılan bir bağlama tertibat elemanıdır. Özellikle yük halatlarının uçlarına veya kamyon kasalarının değişik yerlerine monte edilerek, taşınacak yüklerin bağlanması için kullanılır. Halat kancaları, yük halatları ile birlikte Körfez Ltd.

Şti. firması tarafından seri olarak üretilmektedir. Seri üretim metodu, günümüz endüstrisi için önemli olmakla birlikte, üreticilerin, ürünlerini veya makinelerini tek tek yaparak rekabet etme olanağı artık kalmamıştır. Bu sebepten dolayı, günümüzde pek çok seri üretim metotları geliştirilmiş olup bunlardan biri ve en önemlisi de kalıpta üretimdir. Bu metotla ürünler talaş kaldırmadan şekillendirilirler. Dolayısı ile kalıpcılık, günlük yaşantımızın her alanına girmiş birçok parçanın üretiminde, zaman, kalite, ölçü hassasiyeti, malzeme tasarrufu ve özdeşlik sağlayan, işçilik masraflarını en asgariye indiren önemli bir meslek dalıdır. Kalıpcılık tekniği ile talaş kaldırmadan yapılan şekillendirme genel olarak, bükme, kesme ve çekme yöntemleri olup, sac metal levhaların şekillendirilmesinde kullanılan en ekonomik yoldur [1].

Literatürde kesme, bükme, ve ardışık kalıp tasarımı ile ilgili çok sayıda çalışmalar araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Ardışık delme ve kesme kalıbının bilgisayar yardımı ile tasarımı Gürün [2] tarafından yapılmıştır. Sac-metal kalıpcılığında delme ve kesme işlemleri ile ilgili kalıp tasarımı ve bazı uygulama çalışmaları analitik olarak yapılmış ve bazı sonuçlar elde edilmiştir [3]. Buna benzer ardışık bir delme kalıbının bilgisayar ortamında tasarımı ve delme kalıpları ile ilgili bir takım parametrelerin tanımlanması yapılmıştır [4-5]. Aynı zamanda buna paralel olarak sac metal kalıpcılığında kesme kalıp tasarımı ve kesme kalıbı ile ilgili parametrelerin nümerik olarak belirleme çalışmaları yapılmıştır [6]. Bu ve buna benzer çalışmaları literatürde bulmak mümkündür. Ancak, halat kancası üretimi için herhangi bir bileşik kalıp tasarımı üzerinde bir çalışma yapılmamıştır.

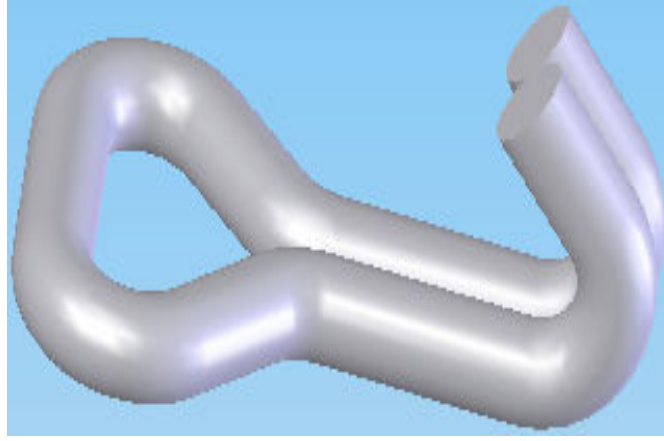
Bu çalışmada ise, bir halat kancasının seri üretimi için bir bileşik kalıp tasarımı yapılmıştır. Halat kancası üreticisi tarafından dört ayrı şekillendirme operasyonu ile üretilmektedir. Üretici ile yapılan ortak çalışmalar sonucunda, tasarlanan bileşik kalıp, üretilmesi gereken halat kancası için uygulanan dört ayrı üretim operasyonunu kayar kam mekanizmaları tekniği kullanılarak tek operasyonda birleştirmektedir. Bunun yanında, tasarlanan bileşik kalıbın kayar kam mekanizmaları için bir gerilme analizi de yapılmıştır. Klasik yöntemlerle yapılan kalıp tasarımı ve hesaplarının zaman alıcı olması, tasarımcı hataları ve tasarım sürecinin azaltılması gibi sebeplerden dolayı, kalıbın tasarımı bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Bunun içinde, bu bileşik kalıbın tasarımında SolidWorks ticari programının katı modelleme teknikleri uygulanmıştır.

2. HALAT KANCASI GEOMETRİSİ VE ÜRETİM AŞAMALARI

Yukarıda açıklandığı gibi, halat kancası kamyon kasalarında taşınan yüklerin bağlama halatlarının ucuna monte edilen bir bağlama tertibat elemanıdır. Kancalar, Şekil 1’de görüldüğü gibi, bağlama halatının uçlarına üretici firma tarafından üretim esnasında monte edilmektedir. Halat kancasının genel olarak geometrisi ve katı modeli Şekil 2’de görüldüğü gibi değişik çaplarda ve ölçülerde yuvarlak malzemenen üretilmektedir. Halat kancası, üretici firma tarafından $\varnothing 10$, $\varnothing 12$ çaplarda 300 mm uzunlukta SAE 1006 malzemesinden yuvarlak çubuklardan klasik metotlarla farklı ebatlarda seri üretimi yapılmaktadır. Seri üretim işlemi sırasında, her bir kanca için dört farklı imalat operasyonu ve her bir işlem için Şekil 3’te görülen dört farklı kalıp ve dört farklı pres tezgâhı kullanılmaktadır. Halat kancasının seri imalatında üretici firmanın uyguladığı farklı üretim aşamalarının detaylı açıklamalar [1]’de bulunmaktadır. Üretici firmanın fabrikasında kullandığı kalıplar (Şekil 3), (a) kesme, (b) “U” bükme, (c) “V” bükme ve (d) kanca bükme olarak dört farklı kalıplardan oluşmaktadır.



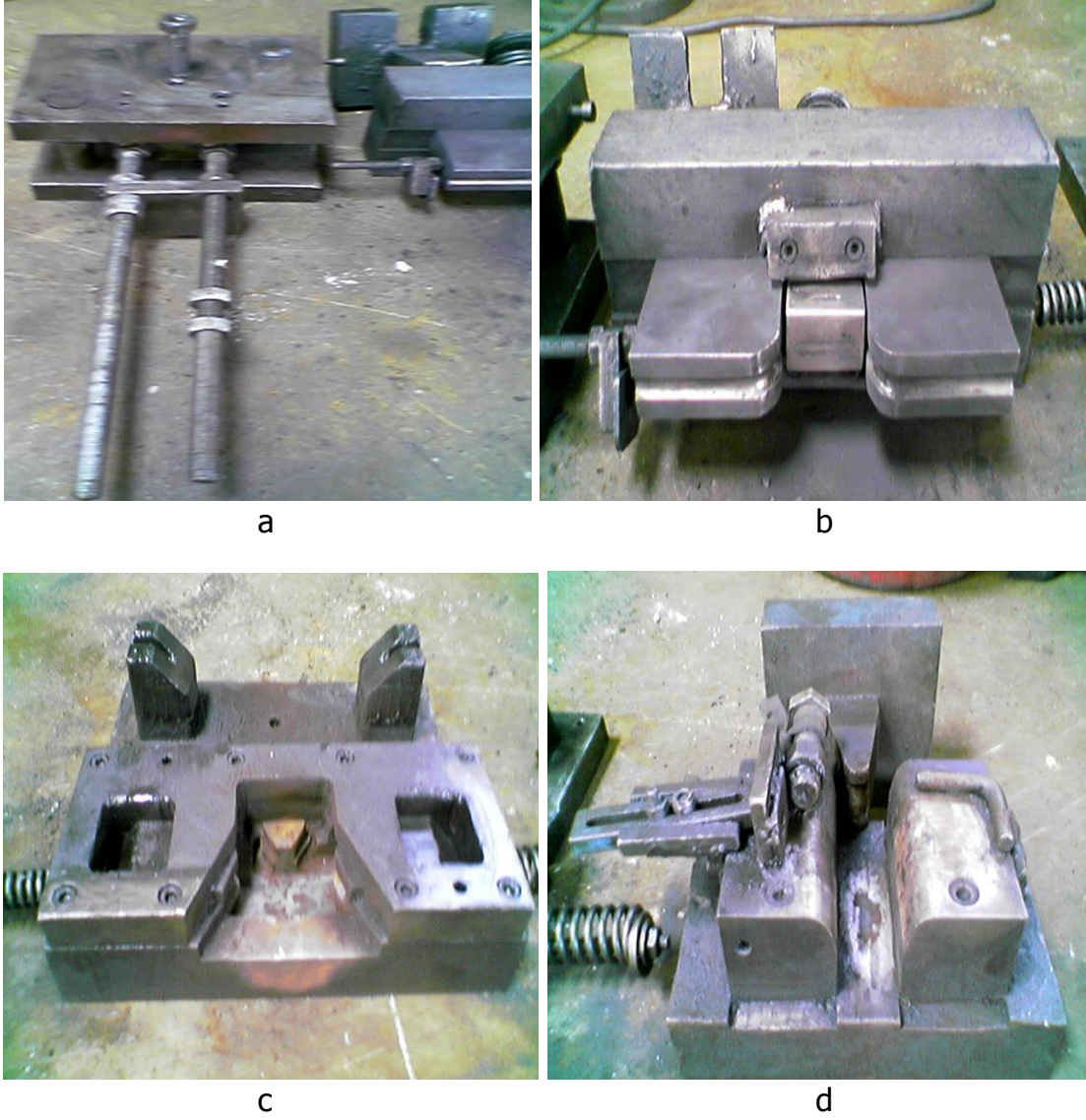
Şekil 1. Halat kancası kullanım alanlarından biri.



Şekil 2. Halat kancası geometrisi ve katı modeli.

3. HALAT KANCASI İÇİN BİLEŞİK KALIP TASARIMI

Bu çalışmada bahsedilen halat kancası ile yük halatlarının üretim yöntemleri, çalışma şartları, geometrik ve malzeme özellikleri üretici firmanın tesislerinde incelenmiştir. Özellikle halat kancasının üretimi için kullanılan 4 farklı klasik üretim aşamaları ile birlikte dört farklı kesme ve bükme kalıpları kullanılmaktadır. Kullanılan her bir kalıp ile birlikte farklı dört farklı işçi ve dört farklı pres tezgahları kullanılmaktadır. Dolayısı ile bu dört farklı üretim sistemleri firmaya oldukça büyük maliyet getirmekte ve zaman kaybına yol açmaktadır. Firmanın beklentisi, halat kancasının hızlı ve seri üretimi için dört farklı üretim operasyonunu tek bir operasyona indirgeyecek bir bileşik kalıp tasarımı ve imalatıdır. Yapılan ortak çalışmalar sonucunda, halat kancası için kullanılan dört farklı üretim aşamasının bünyesinde birleştirecek ve maliyeti düşürecek bir bileşik kalıp tasarımına ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Böylece ortak fikirler doğrultusunda halat kancasının imalatını beklenen kısa sürede ve düşük maliyetle gerçekleştirecek bilgisayar yardımı ile kamlı bir bileşik kalıp tasarlanmıştır. Tasarlanan bileşik kalıp, bir kesme ve dört ayrı bükme kalıp sistemlerinden oluşan tek bileşik kalıptır. Kalıbın tüm sistemleri ayrı ayrı fonksiyonel mekanizmalardan oluşan alt sistemlerin tasarımları ile kuvvet analizleri yapılmıştır.



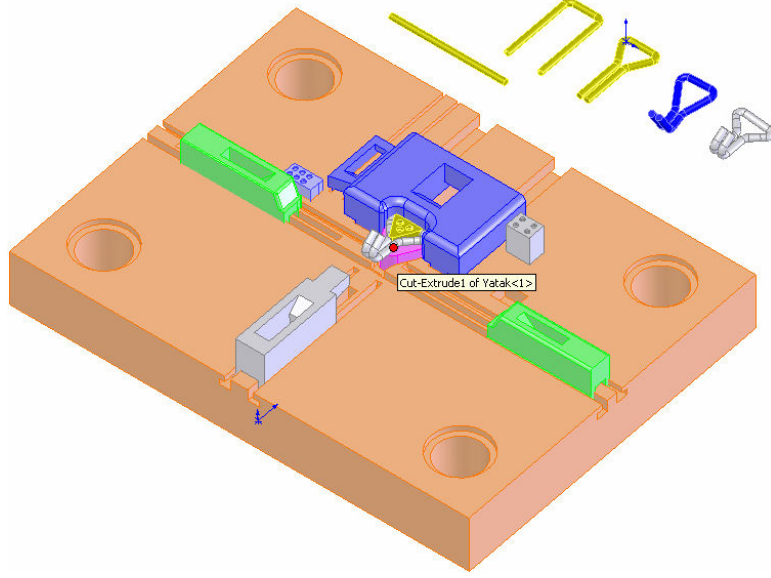
Şekil 3. Üretici firma kalıpları; a) Kesme kalıbı, b) "U" bükme kalıbı, c) "V" bükme kalıbı, d) Kanca kalıbı.

3.1. Bileşik Kalıp Elemanlarının Tasarımı

Tasarımı yapılan bileşik kalıp, yukarıda bahsedildiği gibi bünyesinde bir yatay kesme ve dört adet farklı pozisyon ve doğrultularda bükme işlemlerini yapabilecek dört farklı kalıp sistemlerinden oluşmaktadır. Tasarlanan kalıp sisteminde kesme ve bükme operasyonları birbirini takip eden ardışık kalıplama fonksiyonlarını icra etmektedir. Bu yüzden son derece fonksiyonel olan böyle bir kalıba ardışık kalıp da denilebilir. Tasarlanan bu bileşik kalıp, halat kancasının imalatının gerçekleşmesi için birden fazla kalıbın yaptığı operasyonu tek başına ve aynı istasyonda yapabilmelerini gerçekleştirerek üretim süreci açısından büyük ölçüde zaman tasarrufu elde edilmektedir. Buna göre, üretim aşamalarının ve kalıbın fonksiyonel sistemlerinin genel görünümü Şekil 4.'te görülmektedir. Aynı zamanda, kancanın ardışık kalıpta adım adım üretimi ve şekillendirmeleri de şekilde görülmektedir.

Bileşik kalıp tasarımında, sac metal kalıpcılığında kullanılan pres tezgahlarının düşey hareketlerini yatay hareketlere çeviren kam mekanizması tekniği kullanılmıştır. Kam

mekanizmaları kalıbın fonksiyonlarına ve bükme işlemlerine göre değişik ebat ve geometrilere tanımlanmıştır. Öte yandan, kayar kamlar istenen fonksiyonlarının yerine getirebilmeleri için kalıp alt plakası üzerine açılmış kanallar vasıtasıyla kayıt-kızak ilişkisi içerisinde çalışmaktadır. Kamlarla birlikte çalışan iticiler ise kalıp üst plakası üzerine sabitlenmiştir.

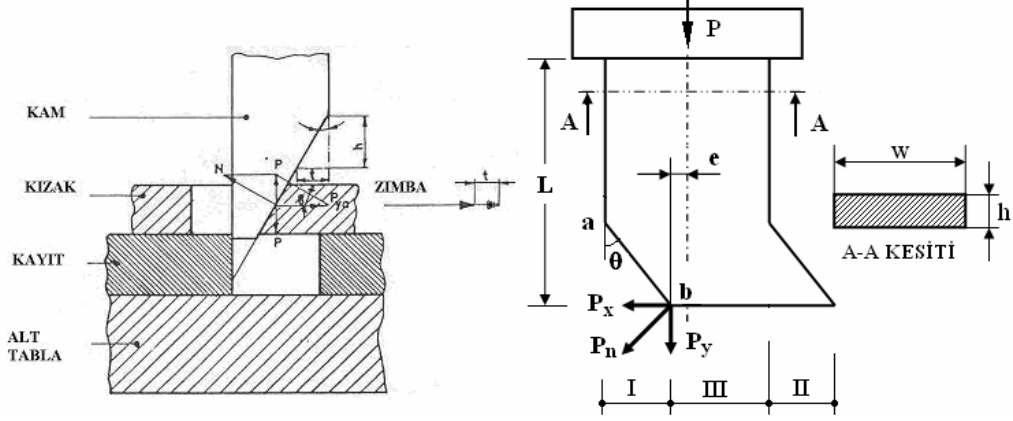


Şekil 4. Bileşik kalıbın genel görünümü ve izometrik katı modeli.

3.2. Kayar Kam Mekanizmaları

Bileşik kalıbın tasarımında çok farklı kayar kam mekanizmaları kullanılmıştır. Şekil 5'te görüldüğü gibi kam mekanizma çiftinin çalışma sistemi ve hareket geometrisi görülmektedir. Bu kam mekanizmaları çalışırken kesme veya bükme operasyonu için gerekli olan vektörel kuvvet ve ilgili kuvvet bileşenleri şekil üzerinde görülmektedir. Bu kalıp sistemlerinde gerekli kurs miktarı, kamların eğim açıları ve düşey hareketleri ile doğru orantılıdır. Genellikle kamlar 30° – 60° arasında yapılırlar [8]. Bu sebeple, kamların eğimleri hesaplanırken bu durum göz önünde bulundurulmuştur. Preslerin oluşturduğu düşey hareketi yatay harekete çevrilmesinde 45° açı ile hareket eden kam mekanizmaları tasarlanmıştır. Bunun nedeni, bu açıda çalışan kamlarda, pres'te düşey olarak uygulanan kurs miktarı ile yatay kurs miktarı 1:1 oranında bir doğrultudan diğerine aktarılmaktadır.

Bileşik kalıp üzerinde çalışan kam mekanizması çiftlerinin hareket geometrisi Şekil 3'te üç bölüm halinde bulunmaktadır. Birlikte çalışan kam çiftleri istenilen şekillendirme işleminden sonra kam mekanizmasının başlangıç pozisyonunu alması gerekir. Şekillendirme işlemi tamamlandıktan sonra kızakların veya zimbaların geri hareketleri, kamlara verilen özel eğimli kayar yüzeyler vasıtasıyla sağlanmıştır. Bu nedenle itici üzerinde bulunan bölümlerden I. bölmede presin aşağı doğru hareketi ile birlikte itici kayar kam mekanizmasını iterek kesme veya bükme işlemini gerçekleştirir. Bu işlemden sonra presin tekrar yukarı doğru hareketi ile birlikte, itici üzerinde bulunan II. bölmedeki eğimli yüzey vasıtasıyla kayar kam tekrar başlangıç noktasına döndürülmüş olur.



Şekil 5. Kayar kam mekanizması çifti ve hareket geometrisi

Şekil 4'te görülen bileşik kalıp elemanları kanca imalatı sırasında, her biri farklı kuvvetler altında çalışmakta ve dolayısı ile farklı gerilmelere maruz kalmaktadırlar. İtici kamlar eğilme ve basma gerilmesine, baskı zımbası ise sadece basma gerilmesine maruz kalmaktadır. Buna göre kam iticileri için gerilme hesaplamaları yaparken Şekil 5'te görülen itici kam mekanizmasında kuvvetler sistemi ve uygulama noktaları dikkate alınmıştır. Kuvvetlerin bu noktaları, moment açısından en kritik şartlara haizdir. Buna göre kuvvet uygulama noktası b'de maksimum moment oluşturmaktadır.

Kesme işlemini yapan kayar kam mekanizması kesme esnasında, Şekil 5'te gösterilen sembolik resimdeki gibi kuvvet çiftlerini oluşturur. Şekil 4'te görülen kesici matrisle ortak çalışan kam mekanizmasında oluşan kuvvet bileşenlerinden, yatay (P_x) itme kuvveti kanca çubuğunu kesen kuvvet olarak tanımlanır. Bu düşünceden hareketle, pres tezgâhının uygulayacağı gerekli kesme kuvvetinin belirlenebilmesi için, önce (P_x) kuvvetinin büyüklüğünün belirlenmesi gerekir. Böylece, ØD çapındaki SAE 1006 kanca çubuğunu kesmek için gerekli kesme kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_x = P_{\text{kesme}} = \tau_k \cdot \pi \cdot r^2 \quad (1)$$

Burada:

τ_k : Kanca malzemesinin emniyetli kesme gerilmesi (daN/mm²)

r : Yuvarlak kanca çubuğunun yarıçapı (mm)

Şekil 5'teki kuvvetler sistemi göz önüne alındığında, eğimli yüzeye dik olan normal kuvvet (N veya P_n), itici kam mekanizmasında bileşik gerilmeyi meydana getirmektedir. P kuvvetinin bileşenleri dikkate alınır, itici kamda (P_x) yatay kuvveti eğilme, (P_y) dikey kuvveti ise hem basma hem de eğilme gerilmelerini birlikte oluşturmaktadır. Buna göre (P_x) ve (P_y) kuvvetlerinin oluşturduğu sırası ile eğilme ve basma-eğilme gerilmeleri ayrı ayrı hesaplanır. Kayar kamın bükme kuvveti ile destek noktası arasındaki uzaklık (L), yüklemdeki eksenel kaçıklık (e), kamın kesitini oluşturan genişlik (w) ve yükseklik (h) ebatları dikkate alındığında kamda oluşacak bileşik gerilme şöyle hesaplanır.

$$\sigma_{\text{top}} = \frac{6 \cdot (P_x \cdot L - P_y \cdot e)}{h \cdot w^2} \quad (2)$$

Bunlara ilaveten, bütün itici kamların, kontrol ve emniyet açısından, flambaj (burkulma) durumlarını incelemek ve dolayısı ile kamları burkulmaya zorlayacak kritik kuvveti de hesaplamak gerekebilir. Aynı zamanda kesme işlemi için itici kam mekanizması dikey (P_y) kuvvetinin etkisi ile burkulmaya maruz kalabilir. Burkulma hesabının yapılabilmesi için, flambaj

çubuk bağlantılarından bir ucu sabit diğer ucu serbest çubuk şartları dikkate alındığında, burkulma için kritik yük aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot L^2} \quad (3)$$

Burada:

- E : İtici kam malzemesinin elastiklik modülü (daN/mm²)
- I : Kam itici kesitinin (Şekil 5) atalet momenti (mm⁴)
- L : Kam iticisi uzunluğu (mm)
- P_{kr}: Kam iticisi kritik burkulma kuvveti (daN)

3.3. Bileşik Kalıp Elemanlarının Malzeme Seçimi

Bileşik kalıp elemanları malzeme tayini yapmak için, elemanların çalışma durumları ve fonksiyonları göz önüne alınmıştır. Kalıp alt ve üst plaka malzemeleri, toplam kalıplama kuvvetini karşılayabilmesi için gerekli ebat ve mukavemette bir seçim yapılmıştır. Kayar kam mekanizmalarının elemanları ve klavuz sütunlar için eğilme ve flambaj gerilmelerine maruz kalmaması açısından nispeten daha dayanımlı çelikler seçilmiştir. Tasarlanan ardışık kalıbın fonksiyonel elemanları için seçilen standart malzeme listesi Çizelge 1'de verilmiştir.

3.4. Bileşik Kalıbın Üretim Zamanı

Tek bir halat kancasının imalatı için üretici firmanın uyguladığı üretim sistemleri ve tasarlanan bileşik vasıtası ile harcanabilecek yaklaşık ortalama üretim zamanları Çizelge 2'de karşılaştırılmıştır. burada önceki ve yeni üretim sistemi, Çizelge 2'de görüldüğü gibi gerekli ekipman ve insan gücü ve şekillendirme işlemi zamanı bakımından karşılaştırılmıştır. Özellikle burada belirtilen ve tespit edilen zaman miktarları, her bir kanca için bağlama, kesme, şekillendirme işlemi, ve tekrar kalıptan çekme zamanı olarak belirtilmiştir. Üretici firma, kesme işleminden sonraki kalıplarda, kesilen ve yarı şekillendirilen parçaların ilgili kalıba istenilen pozisyonda bağlanması ve istenilen formda şekillendirilebilmesi için fazla zaman harcamaktadır. Çizelgede de görüldüğü gibi üretici firma dört farklı kalıp ve dört adet işçi kullanmaktadır. Öte yandan, tabloda sağ taraf kolonda görülen ve tasarlanan bileşik kalıp vasıtası ile tek bir kancanın üretimi yani bağlama, kesme, şekillendirme işlemi ve tekrar kalıptan çıkarılması için harcanacak ortalama toplam zamanı verilmektedir [1].

Çizelge 1. Kalıp elemanları malzemesi ve mekanik özellikleri [8]

Kalıp Elemanı	DIN Normu	Malzeme Nr.	Çekme Mukavemeti (Kg/mm ²)	Akma Mukavemeti (Kg/mm ²)	Uzama Miktarı %	Sertlik (BHD)
Kalıp Alt-Üst Plakası	C70	1,1249	40 ~ 60	48	10	155 ~ 175
Kamlar - Kızaklar	15 CrNi 6	1,5919	88 ~ 118	54	9	170 ~ 217
Üçgen Dayama - Yatak	16 MnCr 5	1,7131	78 ~ 108	44	10	156 ~ 207
Kesici Matris	60 WCrV 7	1,255	55 ~ 65	50	9	229
Klavuz Sütunlar	20 MnCr 5	1,7147	98 ~ 127	54	8	170 ~ 217

Çizelge 2. Bir halat kancası için üretim zamanı (ø10 mm)

Üretim İşlemi	Üretici Firmanın Uygulaması			Tasarlanan Bileşik Kalıp Avantajları		
	Gerekli Ekipman	Gerekli İnsan Gücü	İşlem Zamanı (sn)	Gerekli Ekipman	Gerekli İnsan Gücü	İşlem Zamanı (sn)
Kesme	Kesme kalıbı	1 işçi	30	Bileşik Kalıp	1 işçi	30
"U" Bükme	U bükme kalıbı	1 işçi	60	—	—	—
"V" Bükme	V bükme kalıbı	1 işçi	60	—	—	—
Kanca Bükme	bükme kalıbı	1 işçi	60	—	—	—
Toplam	4 adet kalıp	4 adet işçi	210	1 adet kalıp	1 adet işçi	30

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, bir halat kancasının seri imalatı için, yeni bir bileşik (ardışık) kalıp tasarımı yapılmıştır. Kalıbın bütün elemanları, icra edeceği fonksiyonları yerine getirebilmesi için özel olarak dizayn edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda aşağıdaki kazanımlar elde edilmiştir:

- * Tasarlanan yeni bileşik kalıp yardımı ile, dört ayrı klasik operasyonla imal edilen halat kancasının, tek operasyonla seri imalatı gerçekleştirilerek, imalatçı firmanın üretim sistemine zaman, ekipman ve maliyet yönünden büyük katkı sağlayarak yaklaşık %87 verim kazandırmıştır. Ayrıca, tasarlanan kalıp, değişik çap ve ebatta halat kancasının imalatını gerçekleştirebilmesi için üniversal bir yapıya sahiptir. Kalıp elemanlarının hesabı yapılarak toplam kalıplama kuvvetine göre gerekli olan pres tezgahı gücü tanımlanmıştır.
- * Ardışık kalıplama teknikleri kullanılarak, halat kancasının yeni kalıbı, SolidWorks ticari tasarım programının ileri katı modelleme teknikleri icra edilerek ve başarı ile uygulanarak tasarlanmıştır. İlâveten, kalıp tasarımında kayar kam mekanizmaları başarılı bir şekilde kullanılmış olup, kesme işleminin yanında, dikey ve yatay bükme operasyonlarını da başarı ile yapacak şekilde uygulanmıştır.

5. KAYNAKÇA

- [1] ŞEN, H., Halat Kancası İmalatı İçin Bileşik Kalıp Tasarımı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 2005.
- [2] GÜRÜN, H., Bilgisayar Destekli Ardışık Delme-Kesme Kalıbı Tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2002.
- [3] KURT, A., Sac Metal Kalıplılığında Delme-Kesme İşlemleri ve Uygulamaları, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1998.
- [4] BARDAKLI, M., Ardışık Kesme Kalıplarının Bilgisayar Yardımı ile Tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1997.
- [5] ŞİŞMAN, A., Bilgisayar Destekli Kesme Kalıbı Tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Ankara, 2001.
- [6] GÖLOĞLU, C., Sac Metal Kalıp Konstrüksiyonu'nda Kesme Kalıp Tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 1994.
- [7] KURT, H., Kalıplılık Tekniği ve Tasarımı Kesme Kalıpları, İstanbul, 2002.
- [8] Metal Mesleğinde Tablolar, M.E.B. Yardımcı Kaynaklar Dizisi, No 115, Ankara, 1995.