

Talaşlı İmalatta Kullanılan Kombine Delik İşleme Takımlarının Tasarımı ve Örnek Bir Uygulama

Ahmet DOĞRUSADIK^{1*}

¹ Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Doğu Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

*¹ adogrusadik@dogus.edu.tr

(Geliş/Received: 10/06/2022;

Kabul/Accepted: 26/10/2022)

Öz: Talaşlı imalatta üretim verimliliğini arttırmak için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlardan biri seri imalat parçalarının işlenmesinde tercih edilen kombine delik işleme takımlarının kullanımınıdır. Bu tür takımlar kademeli deliklerin oluşturulmasında önemli bir zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ancak kombine delik işleme takımlarının tasarımı uzmanlık gerektiren bir konudur. Bu nedenle sistematik bir yaklaşımın kullanımı tasarım sürecini önemli ölçüde kolaylaştıracaktır. Kademeli delikler için kombine takım tasarımı sistematik bir yaklaşım için oldukça elverişlidir. Çünkü kombine kesici takım tasarımında kullanılan kesici uçlar için oluşturulmuş standartlar mevcuttur. Standartlara uygun olan kesici uçların büyük bir kısmı hazır olarak bulunmaktadır. Bu nedenle tasarımda yapılması gereken şey bu kesici uçların kademeli deliğin uygun kısımlarını işleyecek şekilde takım gövdesine yerleştirilmesidir. Çalışmanın ilk kısmında kesici uçların nasıl seçilmesi ve takım gövdesine nasıl yerleştirilmeleriyle ilgili olarak tasarım ayrıntıları verilmiştir. Sonraki kısımda ise belirtilen tasarım prensiplerine bağlı olarak örnek kademeli delik için kombine delik işleme takım tasarımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sadece standart kesici uçlar kullanıldığından önerilen yaklaşım ile kademeli deliğe sahip olan parçaların çoğu için kombine delik işleme takım tasarımı gerçekleştirilebilmektedir. Ancak standart kesici uçlar ile elde edilemeyen, kademeler arasında çok az mesafe bulunan ve fazla detay içeren durumlar çalışmanın dışında tutulmuştur. Çünkü bu tür durumlarda tatmin edici bir çözüm daima bulunmayabilmektedir.

Anahtar kelimeler: Talaşlı imalat, delik işleme, kesici uç, takım tasarımı, baralama.

Design of Combination Boring Tools Used in Machining and a Sample Application

Abstract: To increase the production efficiency in machining, various methods are applied. One of them is the utilization of combination boring tools, which is preferred for machining of mass production parts. Such tools provide significant time savings in the production of stepped holes. However, the design of combination boring tools is a subject that requires expertise. Therefore, the use of a systematic approach will significantly facilitate the design process. The design of combination boring tools for stepped holes is highly suitable for a systematic approach. Because there are standards provided for the indexable inserts used in the design of the combination boring tools. Most of the indexable inserts that comply with the standards can be found ready-made. Therefore, what needs to be done in the design is to place these indexable inserts in the tool body to machine the appropriate parts of the stepped hole. In the first part of the study, design details are given about how to select the indexable inserts and how they are placed in the tool body. In the next part, a combination boring tool design is carried out for a sample stepped hole, adhering to the specified design principles. Since only standard indexable inserts were used in the study, combination boring tool design can be realized for most of the parts with stepped holes by using the proposed approach. However, situations that cannot be achieved with standard indexable inserts, or where there is too little distance between the steps or which contain too much detail, are excluded from the study. Because in such cases, a satisfactory solution may not always be found.

Key words: Machining, hole-making, indexable insert, tool design, boring.

1. Giriş

Talaş imalat ile parça şekillendirmede en önemli etkenlerden biri takım seçimidir. Takım seçimi yapılırken işlenecek olan parçanın ölçü ve şekil toleransları, üretim adedi, malzemesi ve sertliği gibi hususlar göz önünde bulundurulur. Bir parçanın belirli bir kısmını oluşturmak için kullanılacak olan takım çeşidi bazı durumlarda çok fazladır [1]. Bu nedenle doğru takımı seçmek zorlaşır. Kesici takımın bir parçanın talaşlı imalatında tek başına değerlendirilmesi yeterli değildir [2]. Kullanılacak tezgâh, takım yolu, aparat gibi diğer etkenleri de göz önünde bulundurmak gerekir. Firmalar kesici takım seçimlerini genellikle tecrübelerine dayanarak yaparlar. Ancak uygun takım seçiminde teknik bir yol izlemek birçok açıdan daha elverişli olacaktır [3].

* Sorumlu yazar: adogrusadik@dogus.edu.tr. Yazarın ORCID Numarası: ¹ 0000-0002-6643-8115

Delik oluşturmada kullanılan en temel takım matkaptır. Matkaplar ise yapıldıkları malzeme türü, geometrileri, takım kaplamaları gibi çeşitli değişkenlerin yüzlerce farklı kombinasyonlarıyla karşımıza çıkarlar. Ölçü ve şekil toleransı dar olan bir delik oluşturulmak istendiğinde genellikle matkapların kullanımı yeterli değildir [4]. Matkap ile delmenin ardından raybalama veya baralama gibi tamamlayıcı işlemler gerekir. Bu yöntemler ile sadece düz delikler elde edilebilir. Deliğin üst tarafında bir pah mevcut ise havşalama yapmak gerekir. Kombine takımlar ilk olarak burada devreye girer. Pah ayrı bir takım ile yapıldığından, işlem süresi kısa da olsa takım değiştirme süresinden tasarruf etmek için havşalı matkaplar kullanılabilir. Çünkü delik delme ve havşalama işlemlerini tek bir takımda birleştirmek ideal bir çözümdür [5]. Delikte pah yanında kademe de varsa ve parça seri üretim parçası ise kombine takım kullanmak önemli bir zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bu basit örneklerin dışında çok daha karmaşık kademeli deliklerin oluşturulmasında kombine takımlar önemli faydalar sağlamaktadır.

Talaşlı imalat, parça işleme süresinin kısaltılması açısından geliştirmeye açık bir imalat yöntemidir. Bunu gerçekleştirmenin çeşitli yolları mevcuttur. Bunlardan bazıları: Takım yolunun kısaltılması, takım ilerleme hızının artırılması, kombine kesici takımların kullanılmasıdır. Bununla birlikte, parça işleme süresinin kısaltılmasını sağlayan her yöntem beraberinde birtakım problemler getirebilmektedir. Örneğin; işleme süresinin kısaltılması için paso miktarı artırıldığında yüzey bütünlüğü bu durumdan genellikle olumsuz olarak etkilenmekte [6], takım ilerleme hızının artırılması yüzey pürüzlülüğü değerini arttırmaktadır [7]. Kombine takımlarda ise ne takım yolu kısaltılmakta ne de ilerleme hızı arttırılmaktadır. Bunların yerine birden fazla takımların ayrı ayrı yaptıkları işlemler aynı anda tek bir kesici takım ile yapılmaktadır. Kombine takımların olumlu ve olumsuz yönleri aşağıda verilmektedir.

Olumlu yönleri:

- Birçok işlem aynı anda gerçekleştiği için parça işleme süresi kısalmaktadır.
- Birden fazla takımların yapacağı işlemler tek takımla yapıldığından takım değiştirme gereksinimi azaltılır. Takım değiştirme süreleri ortadan kaldırılarak toplam parça üretim süresi kısaltılmış olur.
- Bu tür takımların kullanılmasıyla tezgâh magazininde daha az yer tutulmuş olur.
- Kombine takımlarla işlenen parçaların CNC programları çok sade ve basittir.
- Kombine takımlar üzerinde bulunan kesici uçlar arasındaki izafi mesafeler, takım aşınması haricinde sabit kaldığından, ölçü kararlılığı sağlanır. Özellikle, sağlanan eş merkezlilik toleransı oldukça iyidir.
- Parça eğer tek bir kombine takım ile üretilebiliyorsa, takımın sağladığı ölçü kararlılığıyla matkap tezgâhı, freze tezgâhı veya torna tezgâhı gibi bir universal tezgâh kullanılarak da işlem yapılabilir.
- Çoklu takımların kullanıldığı duruma kıyasla takım sıfırlama için gerekli süre azaltılmış olur.

Olumsuz yönleri:

- Özel üretim takımlar oldukları için fiyatları standart takımlara kıyasla daha pahalıdır.
- Bir kombine takım işlenmek istenen parçaya özgü olarak üretildiği için kullanımı genellikle bu parçanın işlenmesi ile sınırlıdır. Bu nedenle üretim adedi çok fazla olan parçaların üretiminde kullanılmaktadır.
- Parça üzerinde aynı anda birden fazla kesici takım çalıştığı için oluşan bileşke kesme kuvvetinin karşılanması gerektiğinden parçanın aparatı daha rijit olmalıdır.
- Gerekli iş mili torku ve gücü daha fazladır.
- Kombine delik işleme takımının üzerinde bulunan her bir kesici uç farklı çapta delik işlediğinde, her biri için kesme hızı farklılaşmaktadır. Bu nedenle iş mili hızının belirlenmesinde birtakım sınırlamalar ortaya çıkmaktadır. Örneğin belirli bir malzeme için önerilen kesme hızı aralığında, küçük çap işleyen kesici uç için kesme hızı seçildiğinde büyük çap işleyen kesici uç için kesme hızı aralığı dışına çıkılabilmektedir.
- Kesme hızı farklılığından dolayı büyük çap işleyen kesici uç için daha fazla takım aşınması meydana gelmektedir. Bu durum kesici uç değişim süresinin her bir kesici uç için farklılaşmasına neden olmaktadır.
- Döküm ve dövme gibi yöntemlerle ön şekillendirilmiş olan kademeli deliklerdeki düzlükler işlemin sonuna doğru aynı anda oluşturuldukları için tırlama meydana gelebilir. Bunu engellemenin yollarından biri olan işlemin sonuna doğru ilerleme hızının düşürülmesi ise işlem süresini arttırır.
- Kesme hızı ve ilerleme hızı, kombine takımlarda açıklanan sebeplerden dolayı daha düşüktür.
- Kartuşlu tür olmayan kesici uçlar için çap ayarı mümkün değildir. Eksantrik kovan kullanılarak yapılan çap ayarlamaları tüm çapları etkilediğinden kullanımı kısıtlıdır. Bunun yanında çap ayarı için, eğer köşe yarıçapı için uygun ise, köşe yarıçapı farklı olan uç kullanılarak çap ayarlaması kısıtlı olsa da düşünülebilir.

- Kartuşlu tür olmayan kesici uçlar ile tasarlanan kombine takımlarda, kademeler arasında ölçü farklılığı oluşturmak genellikle mümkün değildir.
- Takımın herhangi bir kısmı hasar gördüğünde tamamı işe yaramaz hale gelir.
- Kombine takımlar genellikle standart takımlara göre daha ağırdır. Bu husus takım tasarımında göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü CNC takım tezgâhlarında magazinlerin ve takım değiştirme kollarının taşıyabilecekleri takım ağırlıkları sınırlıdır.

Yukarıda sayıldığı gibi, kombine kesici takımların birçok olumsuz yönleri olmasına rağmen parça işleme süresini kısalttıklarından dolayı seri imalatta yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Üretim adedi yüksek olan parçaların işlenmesine ilave olarak, Smith [8] bu tür takımların toplam üretim adedinden bağımsız olarak parçanın işleme süresinin önemsendiği durumlarda veya takımın ölçü doğruluğunun parçaya yansıtılmasının istenildiği durumlarda da kullanılabilirliğini belirtmiştir. Kombine delik işleme takımlarının ne kadar zaman tasarrufu sağlayabilecekleri ile ilgili olarak Panickar ve Mate [9]'nin çalışması örnek gösterilebilir. Bu çalışmada kombine delik işleme takımı kullanılarak delik delme, kademe oluşturma ve alında kanal açma işlemleri tek takımda birleştirilmiştir. Aynı takımlar ile işlemeye kıyasla %60 oranında zaman tasarrufu sağlanmıştır. Kombine delik işleme takımları her ne kadar literatürde yaygın olarak yer almasa da aslında bu tür takımların gerçekleştirdikleri işlemler birden fazla baralama işleminin aynı anda gerçekleştirilmesidir. Baralama işlemi temel olarak bir delik genişletme işlemidir [10]. Baralama işleminin mekanığı ve dinamiği çeşitli çalışmalarda incelenmiştir [11–13]. Şenbabaoğlu vd. [14] gerçekleştirdikleri deneysel çalışmada baralama işleminde iş mili hızının artırılmasıyla daha iyi yüzey pürüzlülüğü değeri elde etmişlerdir. Ayrıca uygun kesme koşullarının seçilmesi ve kesme sıvısının kullanılmasıyla kaba ve yarı hassas baralama işlemlerini birleştiren kombine delik işleme takımı kullanımı ile gerekli ölçü toleranslarını sağlayarak işlem süresinin kısaltılabileceğini göstermişlerdir. Son yıllarda baralama işlemi ile ilgili yapılmış olan çalışmaların çoğu işlem sırasında ortaya çıkan titreşimlerin sönmülmesi için aktif, yarı aktif ve pasif damperlerin kullanılması ile ilgilidir [15]. Bu alanda çok fazla çalışma yapılmasının nedeni baralama işleminde takım uzunluğunun takım çapına oranının genellikle fazla olması nedeniyle tırlamanın oluşmasıdır [16]. Tırlamaya karşı önlem alınmalıdır. Çünkü işlem sırasında oluşan titreşimler sönmülmediğinde parçanın yüzey kalitesi ve kesici takımın aşınması olumsuz yönde etkilenmektedir [17].

Literatürde baralama işlemi ile ilgili çalışmalar mevcut iken kombine delik işleme takımlarının tasarımı ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu tür takımların tasarımı sanayide ihtiyaç duyulan bir konudur. Bu çalışmada kombine delik işleme takımlarının tasarımı için sistematik bir yöntem sunulmaktadır.

2. Kombine Delik İşleme Takımlarının Tasarım Prensipleri





Kombine kesici takımların tasarımında dikkat edilmesi gereken birçok ayrıntı mevcuttur. Bu bölümde bu ayrıntılar hakkında bilgi verilecektir. Kombine delik işleme takımlarının iş parçası ile temas eden ilk kısmının belirlenmesiyle tasarıma başlanabilir. Kademeli deliklerin olduğu kısımlarda kombine takım kullanmadan önce ön deliğin ayrı bir takım ile oluşturulması düşünülebilir. Ancak aynı kombine takımla delik delme işlemi gerçekleştirilmek isteniyorsa kombine takım tasarımına, küçük çaplı delikler için karbür veya HSS matkap, büyük çaplı delikler için ise kesici uçlu matkap eklenmelidir. Karbür ve HSS matkapların kombine takıma bağlanması için genel olarak kullanılan yöntem, matkabın setiskur civata ile sabitlenmesidir. Pens sistemi çok fazla yer kapladığı için tasarımda genellikle düşünülmez. Bu nedenle küçük çaplı deliklerin kombine takımlar kullanılarak oluşturulması rijit bağlamanın yeterli seviyede sağlanamamasından dolayı sorunludur. Bazı durumlarda parça için ön delik oluşturmaya gerek olmayabilir. Özellikle büyük çaplı delikler talaşlı imalat haricinde ekstrüzyon ve döküm gibi diğer imalat yöntemleri ile elde edilmiş olabilir.

Talaşlı imalat alanında çok çeşitli geometrilerde kesici uçlar kullanılmaktadır. Ancak kombine kesici takım tasarımında kullanılan kesici uç geometrileri kısıtlıdır. Bu nedenle bu çalışmada kullanılan kesici uç geometrileri sınırlandırılmıştır. Kesici uçların geometrilerini tanımlamak için kullanılan çeşitli standartlar mevcuttur. Bu çalışmada ISO 1832:2017 standardı kullanılmıştır [18]. Bu standarda göre bir kesici uç tanımlamak için temel olarak 7 sembolden oluşan bir kodlama yapılmaktadır. İlave semboller kesici uç üretimi yapan firma tarafından gerekli görüldüğünde ana kısmın sağ tarafına eklenmektedir. Şekil 1'de örnek bir kodlama gösterilmektedir. Burada 1 numaralı sembol kesici uç formunu, 2 numaralı sembol yan yüzey açısını, 3 numaralı sembol tolerans sınıfını, 4 numaralı sembol bağlama ve talaş kırıcı türünü, 5 numaralı sembol kesici uç boyutunu, 6 numaralı sembol kesici uç kalınlığını ve 7 numaralı sembol kesici uç köşe yarıçapını temsil etmektedir.

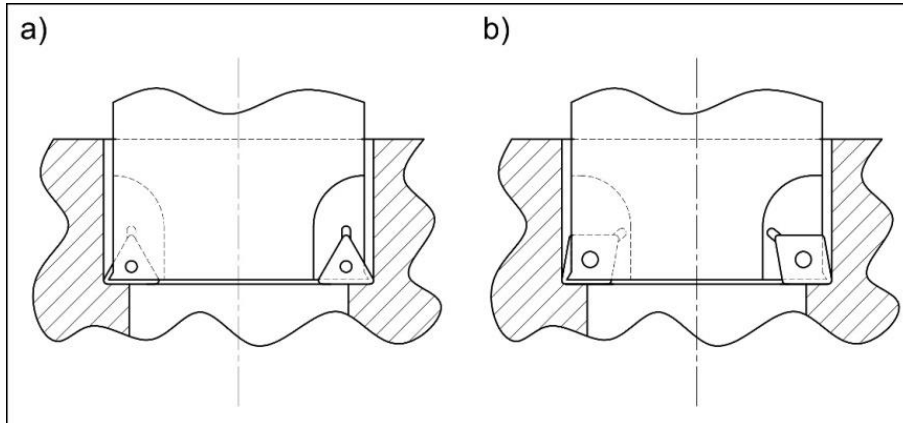
C C M T 09 T3 04
1 2 3 4 5 6 7

Şekil 1. Örnek kesici uç kodu.

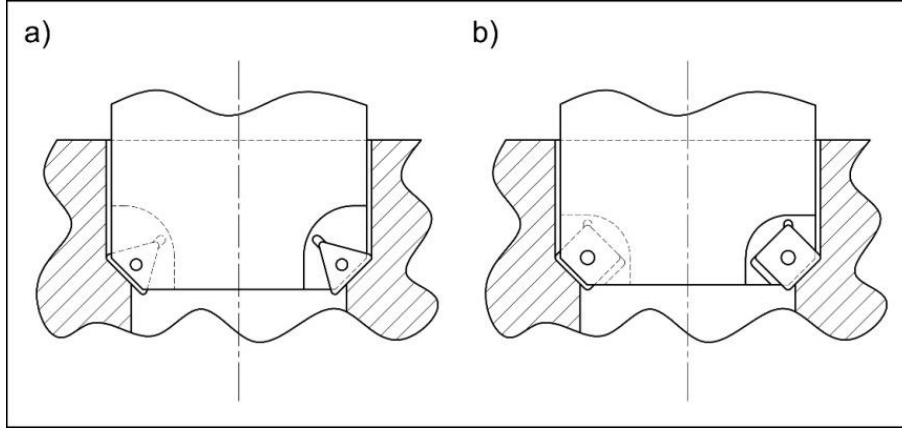
Kombine kesici takım tasarımında en çok kullanılan uç formları T ve C formlarıdır. Bu formların dışında S formundaki uçlar da nadiren kullanılmaktadır. Kesici uçlu matkaplar için kullanılan uç formları W veya özel formlardır. Şekil 2 'de T, C, S ve W uç formları ve sıklıkla kullanılan ölçüleri gösterilmektedir. Düz kademe oluşturmak için S formulu kesici takımların kullanımı, yan yüzeylerde sürtünmeye neden olacağı için düşünülemez. Düz kademeler için tercih edilen uçlar C ve T formulu kesici uçlardır (Şekil 3). C formundaki uçlar, daha kısa tarama alanı oluşturmalarına rağmen daha geniş yuvaya sahiptirler. Bu durum, C formundaki uçların daha yüksek kesme kuvvetlerini karşılayabileceğini göstermektedir. Bunların dışında C formuna kıyasla daha küçük açılara sahip olan D, V ve benzer formlardaki uçlar, çok fazla yer kapladıklarından tercih edilmezler. T formulu uçların bir diğer kullanım nedeni, simetrik ve açılı yan yüzey yapıları nedeniyle parçanın her iki yan yüzeyinde sürtünme meydana getirmemesi nedeniyle parçanın altında kare kesitli kanal oluşturabilmeleridir. Açılı yüzey oluşturmak için T ve S formlarındaki uçlar kullanılabilir (Şekil 4). Pah kırma işlemi için genellikle T formundaki uçlar kullanılır.

Uç formu (1)				İç teğet çemberi çapı (mm)
T	C	S	W	
				
Kesici uç boyutu (5)				
06	03	03	02	3.97
09	05	05	03	5.56
11	06	06	04	6.35
16	09	09	06	9.525
22	12	12	08	12.70

Şekil 2. Bazı kesici uç formları ve sıklıkla kullanılan ölçüleri.

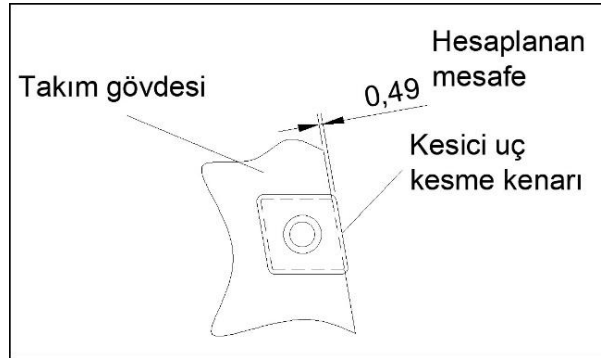


Şekil 3. Ön delik oluşturulduktan sonra düz kademe oluşturma: (a) T formulu kesici uç, (b) C formulu kesici uç.



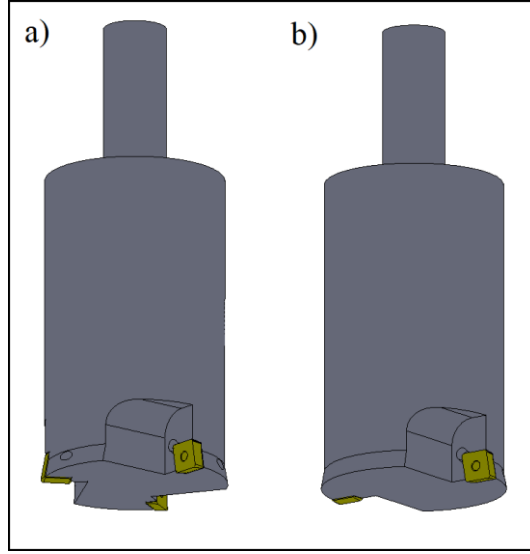
Şekil 4. Ön delik oluşturulduktan sonra açılı yüzey oluşturma: (a) T formlu kesici uç, (b) S formlu kesici uç.

Kombine takım tasarımında kullanılan kesici uçların yan yüzey açıları genellikle C ve P sembolleriyle belirtilen 7° ve 11° 'dir. Bunların dışında pozitif açılı diğer kesici uçlar da kullanılabilir. Ancak daha büyük yan yüzey açıları kama açısını azalttığından dolayı kesici ucun dayanımı azalmaktadır. Yan yüzey açıları takım gövdesinin de ölçülerini etkilemektedir. Yan yüzey açısından dolayı kesici ucun form boyutu arka tarafta küçülmektedir. Kesici uç takım gövdesine arka tarafından yerleştirildiğinden kesici uç kalınlığı (6 numaralı sembol) ve yan yüzey açısı (2 numaralı sembol) kullanılarak ofset miktarı hesaplanmalı ve takım gövdesi ile kesme kenarı arasındaki mesafe en az bu ölçüde olmalıdır. Bu ölçü yan yüzey açısının sinüsü ile kesici uç kalınlığının çarpılmasıyla elde edilir. Şekil 5'te bu ölçü CCMT09T308 kodlu kesici uç için 0,49 mm olarak hesaplanmıştır.

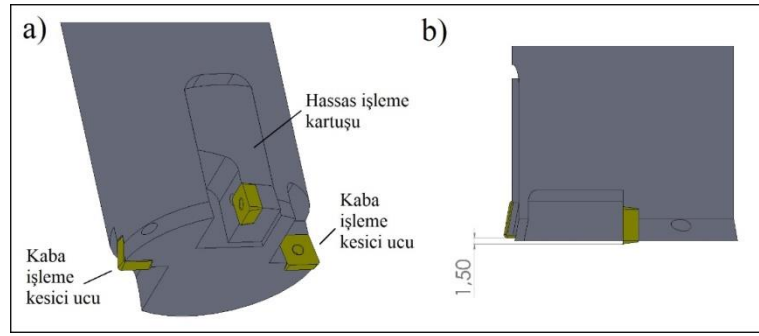


Şekil 5. Takım gövdesi ile kesme kenarı arasındaki mesafe.

Aynı kısmı işlemek için takım çevresine eşit açılarla yerleştirilmiş olan kesici uçlar birtakım faydalar sağlamaktadır (Şekil 6). Böyle bir tasarım ile radyal yöndeki kesme kuvvetleri dengelenebilmekte ve daha büyük ilerleme hızları kullanılabilir [12]. Kaba işlemede bu nedenle birden fazla kesici uç tercih edilmektedir. Hassas işlemede ise paso daha az olacağı için radyal kesme kuvveti düşük seviyede olmaktadır. Bu nedenle radyal kesme kuvvetinin dengelenmesi gerekmediğinden tek kesici uç kullanılabilir. Ayrıca hassas işlemede parçanın çap toleransı dar ise ayar için kartuş sistemi tercih edilmelidir (Şekil 7a). Kartuş sistemi ile hem çap ayarı hem de yükseklik ayarı yapılabilir. Olumsuz yönü ise takım gövdesinde daha fazla yer kaplamasıdır. Kaba işleme gerçekleştiren kesici uç hassas işleme yapan kesici ucun önünde olmalıdır. Bu nedenle kör deliklerde kaba işleme yapan kesici uç ile hassas işleme yapan kesici uç arasındaki mesafe kadar kısım son çap ölçüsüne getirilememektedir (Şekil 7b).



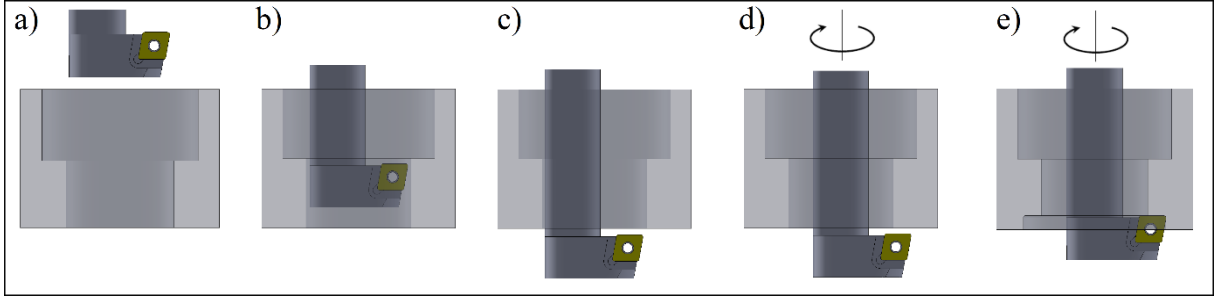
Şekil 6. Çoklu kesici uçlu kaba işleme delik baraları: (a) Üç kesici uçlu. (b) İki kesici uçlu.



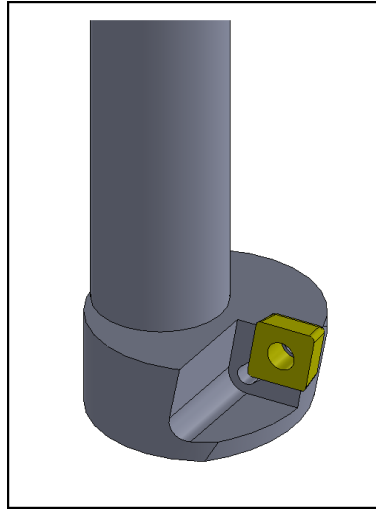
Şekil 7. (a) Hem kaba işleme hem de hassas işleme yapabilen kombine takım. (b) Kaba işleme kesici ucu ile hassas işleme kesici ucu arasındaki mesafe.

Kesici uçların köşe yarıçapları işlenen kısımların köşe yarıçapına uygun olarak seçilir. Yaygın olarak kullanılan köşe yarıçapı değerleri 0,2, 0,4, 0,8, 1,2, 1,6, 2 mm ve üzeri olduğu için istenen köşe yarıçap değerini elde etmek her zaman mümkün olmayabilir. Bu durumda öncelikle yapılması gereken şey istenen köşe yarıçap toleranslarının değerlendirilmesidir. Bu da mümkün değilse özel olarak taşlanmış kesici uçlar kullanılmalıdır. Eğer kesici uç bir kademe veya açılı yüzey oluşturmayı sadece çap işliyor ise kesici uç yarıçapı bağımsız olarak seçilebilir. Bu tür durumlarda köşe yarıçapının seçiminde yüzey pürüzlülüğü değeri dikkate alınmalıdır. Çünkü köşe yarıçapı arttıkça yüzey pürüzlülüğü azalmaktadır [19]. Delik açık delik olduğunda sondaki kesici ucun deliğin bir miktar dışına çıkması gerekir. Bu değer kesici uç yarıçapından bir miktar daha fazla olmalıdır. Böylece delik çıkışında oluşan çapaklar dışarıya doğru çıkarılmış olur.

Bir deliğin arka yüzeyinde pah veya işlenmesi gereken yüzeyler olduğunda kombine delik işleme takımları kullanılabilir. Bu tür işlemler normalde parçanın sökölüp ters bağlanmasını gerektirir. Ancak bu durum ilave bir bağlama gerektirdiğinden zaman kaybına neden olur. Bazı durumlarda bu tür işlemler kombine delik işleme takımlarıyla aynı bağlamada gerçekleştirilebilir. Bu tür işlemler için gerekli olan kombine delik işleme takım tasarımı daha zordur. Çünkü takımın bir önceki işlemde oluşturulmuş olan en küçük delik çapından geçebilecek ve tüm yüzeyi işleyebilecek yapıda olması gerekir. İşlem takımının durdurulup delik içinden geçirilerek deliğin alt tarafında konumlandırılmasıyla başlar. Takıma kesme hızı kazandırılır ve takım yukarıya doğru hareket ettirilir. Yüzeyin işlenmesinden sonra takım aşağıya doğru hareket ettirilir, durdurulur ve tekrar konumlandırılarak geri çekilir. Örnek bir delik için işlem Şekil 8’de gösterilmektedir. Kullanılan takım ise Şekil 9’da gösterilmektedir. Örnekteki uygulamanın dışında çoklu kesici uçlara sahip olan aynı anda farklı işlemler gerçekleştiren kombine delik işleme takımları da kullanılabilir.



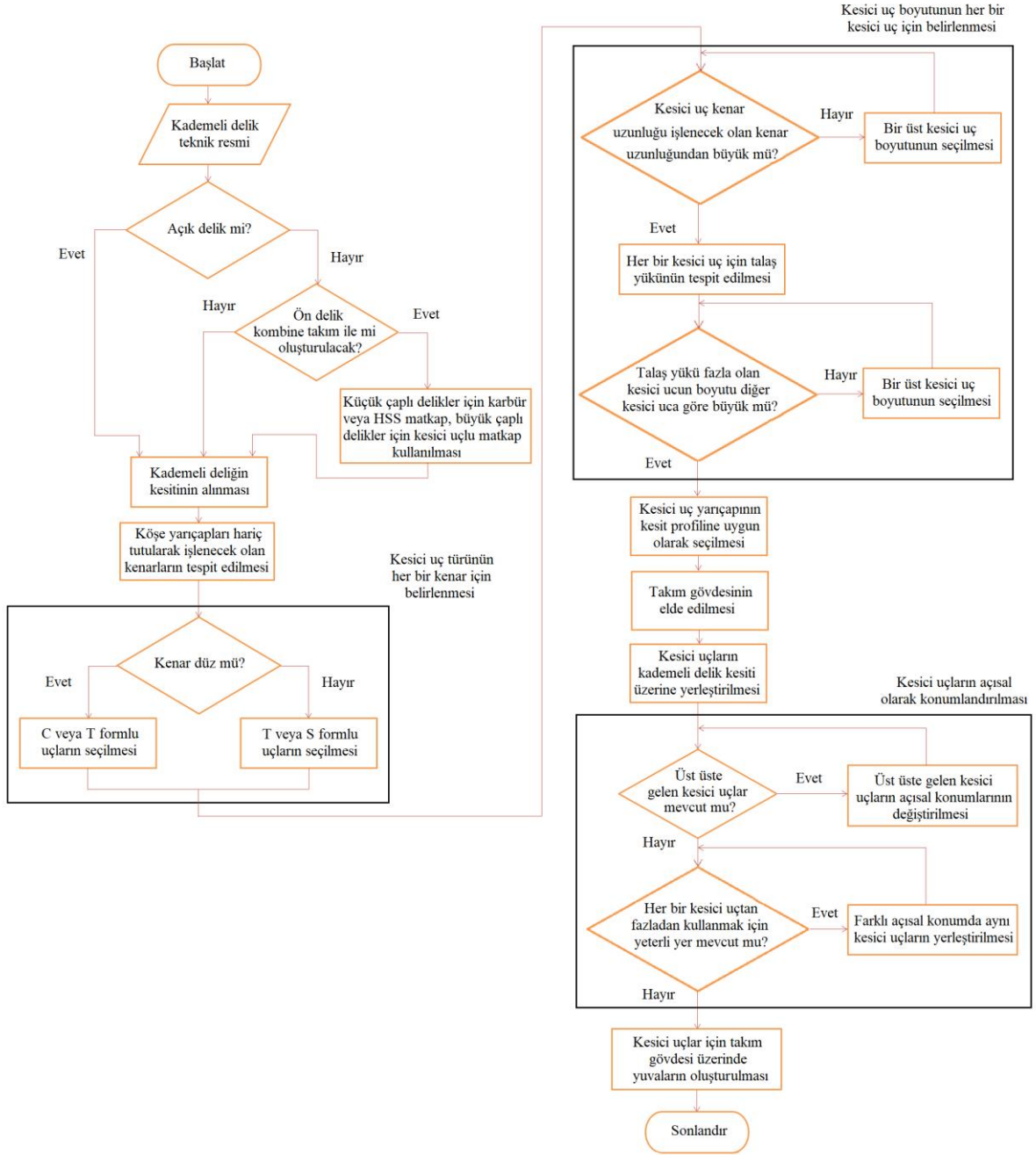
Şekil 8. (a) Takımın delik üzerinde konumlanması. (b) Takım parçanın en küçük çaplı deliğinden geçerken. (c) Takım deliğin alt kısmında. (d) Takımın dönme eksenini ile deliğin ekseninin çakışması ve takıma kesme hızının verilmesi. (e) Takımın yukarıya doğru hareketi ile kesme işleminin gerçekleşmesi.



Şekil 9. Arka yüzeyden delik baralama takımı.

3. Önerilen Yaklaşım

Bu bölümde kombine takım tasarım prensiplerine bağlı kalarak sistematik bir yaklaşım sunulmaktadır. Şekil 10'da tasarım akış şeması gösterilmektedir. Bu şemada izlenen sıra şu şekildedir. Öncelikle işlenecek olan kademeli deliğin türü tespit edilir. Delik açık delik değil ise ilave olarak bir matkap kullanılması gerekir. Bu delik delme işlemi kombine takım ile veya ilave bir operasyon ile gerçekleştirilebilir. Bu kararın verilmesinden sonra kademeli deliğin kesiti alınır. Ölçü toleransları göz önünde bulundurularak ortalama ölçüler hesaplanır. Elde edilen kesitteki kenarlar tespit edilir. Bu yapılırken köşe yarıçapları dikkate alınmaz. Çünkü köşe yarıçapları bitişik oldukları kenarlar ile aynı kesici uç tarafından oluşturulurlar. Bu işlemten sonra her bir kenar için kullanılacak olan kesici uç formu tespit edilir. Önceki bölümde belirtildiği gibi düz kademeler için C veya T formundaki kesici uçlar, açılı yüzeyler için T veya S formundaki kesici uçlar kullanılır. Bir sonraki adımda kesici uç boyutu belirlenir. Bunun için öncelikle seçilen kesici ucun kenar uzunluğunun işlenecek olan kenar uzunluğundan daha büyük olması gerekir. Kesici uç boyutu belirlenirken aynı zamanda talaş yükü de göz önünde bulundurulur. Talaş yükü fazla olan kesici uçlara daha büyük bileşke kesme kuvvetleri etki etmektedir. Bu nedenle talaş yükü büyük olan kesici ucun boyutu artırılabilir. Kesici uçların formları ve boyutları belirlendikten sonra köşe yarıçapları kademeli delik kesitindeki köşe yarıçaplarına uygun olarak seçilir. Her bir kenar için gerekli olan kesici uç belirlendikten sonra takım gövdesi elde edilebilir. Bunun için kesici uç kesme kenarından kesici ucun iç kısmında doğru ofset işlemi yapılır. Daha sonra kesici uçlar açılmal olarak konumlandırılır. Burada iki şeyin sağlanması amaçlanır. Bunlardan biri üst üste gelen kesici uçların konumlarının değiştirilmesidir. Diğeri ise aynı işlemi yapan kesici uç sayısı artırılarak radyal yöndeki kuvvetlerin dengelenmesidir. Ayrıca bu sayede aynı kesme hızı için kesilmemiş talaş kalınlığı azaltılabilir. Son olarak takım gövdesi üzerinde kesici uçların yuvaları oluşturulur.

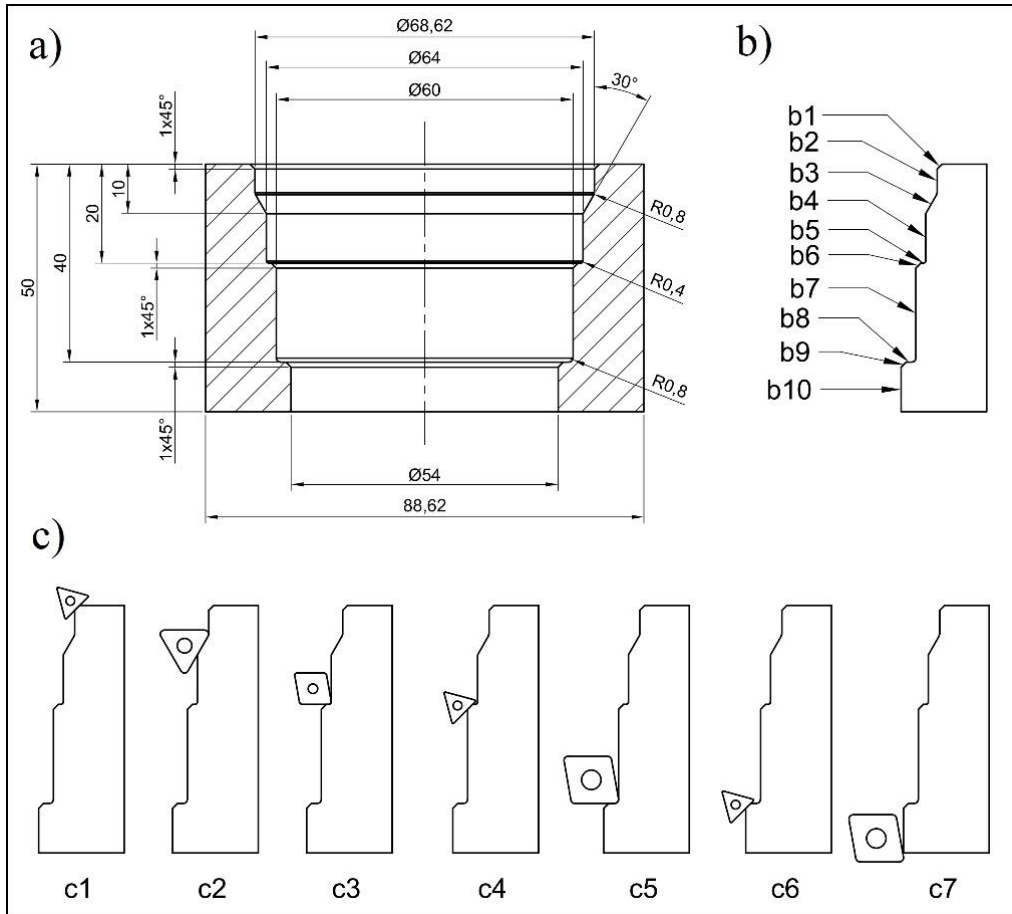


Şekil 10. Tasarım akış şeması.

4. Örnek Uygulama

Kesici uçların yerleşimi için öncelikle kademeli deliğin kesiti alınmalı ve kesit profili elde edilmelidir. Kesit profili oluşturulurken ölçü toleransları göz önünde bulundurularak her bir ölçünün ortalama değeri alınmalıdır. Dar toleranslı ölçüler için kartuşlu kesici uçlar seçilmeli ve mümkünse kaba işleme için kesici uçlar tasarıma dahil edilmelidir. Şekil 11a'da ön delik oluşturulmuş örnek bir kademeli deliğin kesiti gösterilmektedir. Ön delik çapının 50 mm olduğu ve tüm ölçülerin genel toleranslara göre verildiği varsayılmıştır. Bu nedenle kartuş sistemi kullanılmamıştır. Şekil 11b'de ise elde edilen profilin kenarlardan ve köşe yarıçaplarından oluştuğu görülmektedir. Toplam kenar sayısı 10'dur. Köşe yarıçaplarını oluşturmak için ayrıca bir kesici uç

kullanılmamalı ve ilgili kenarı oluşturan kesici uç köşe yarıçapını da oluşturmalıdır. Köşeleri oluşturan kesici uçların yarıçapları istenen ölçülere uygun olarak seçilmelidir. Sadece pah oluşturan kesici uçlar talaş yükü az olduğu için tek olarak yerleştirilebilir. Ancak sadece delik işleyen veya hem delik işleyip hem açılı yüzey oluşturan kesici uçların talaş yükünü de dikkate alarak çift olarak yerleştirilmesi uygun olacaktır. Şekil 11c’de parçanın her bir kısmı işleyecek olan kesici uçların yerleşimi gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kesici uçlar erişebilecekleri en alt kısımlara yerleştirilmiştir. Tüm kesici uçlar için 7°’lik yan yüzey açısı seçilmiştir. b1 numaralı kenar pah olduğu için T formulu kesici uç kesit profiline yerleştirilmiştir. Yerleşim c1 ile gösterilmiştir. Boyut seçimi için pah ölçüsü 1x45° dikkate alınarak kesme kenarı uzunluğu daha uzun olacak şekilde en küçük boyut olan 06 seçilmiştir. Kesici uç paha göre merkezlenmiştir. Köşe yarıçapı herhangi bir yüzeye temas etmediğinden değerinin bir önemi yoktur. Seçilen kesici ucun kodu TCMT06T102’dir. b6 ve b9 kenarları için aynı kesici uç kullanılmıştır. Yerleşim sırasıyla c4 ve c6’da verilmiştir. Farklı olarak kesici uçların yan kenarlara temasını engellemek için kesici uçlar takım gövdesine doğru bir miktar taşınmıştır.

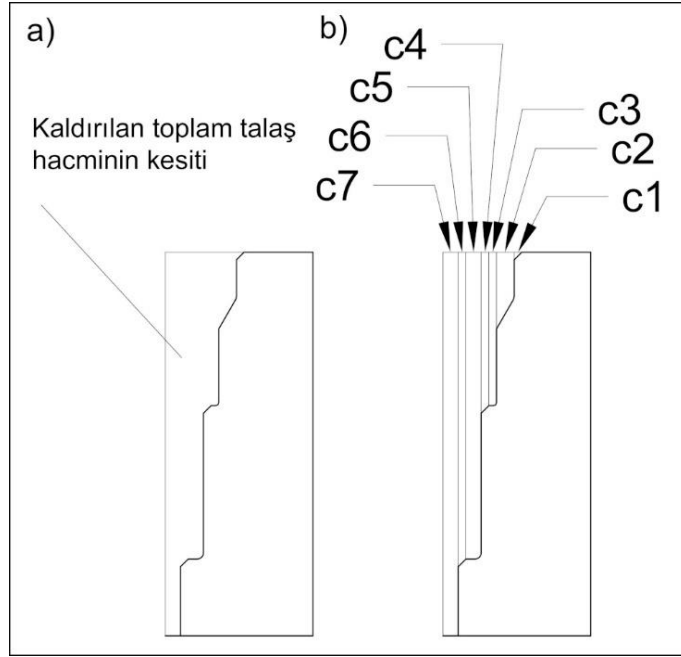


Şekil 11. (a) Örnek kademeli delik. (b) Kesit profilindeki kenarların tanımlanması. (c) Kesici uç yerleşimi.

b2 ve b3 ile gösterilen kenarların aynı kesici uç ile elde edilmesi uygun olacaktır. Çünkü farklı kesici uçlar ile oluşturulduklarında yüzeyde birleşme izi oluşabilir. Bu kısım için T veya S formundaki kesici uçlar kullanılabilir. T formundaki kesici uç için yerleşim c2’de gösterilmektedir. Kesici uç yarıçapı kesit profiline uygun olarak 0.8 mm olarak seçilmiştir. Seçilen kesici ucun kodu TCMT110308’dir. b4 ve b5 ile gösterilen kenarlar aynı şekilde tek kesici uç kullanarak elde edilebilir. Bu kısım için C formundaki kesici uç kullanılmıştır. Kesici uç yerleşimi c3’te gösterilmiştir. Kesici uç yarıçapı kesit profiline uygun olarak 0.4 mm olarak seçilmiştir. Seçilen kesici ucun kodu CCMT060204’tür.

Kesici uç boyutu seçiminde göz önünde bulundurulması gereken tek şey kesme kenarı uzunluğunun yeterli olması değildir. Kesici ucun takım gövdesine mukavim bir şekilde bağlanması da önemlidir. Genel olarak kesici uç boyutu arttıkça bağlantı mukavemeti artmaktadır. Bu durumda kesici uç daha büyük bileşke kesme

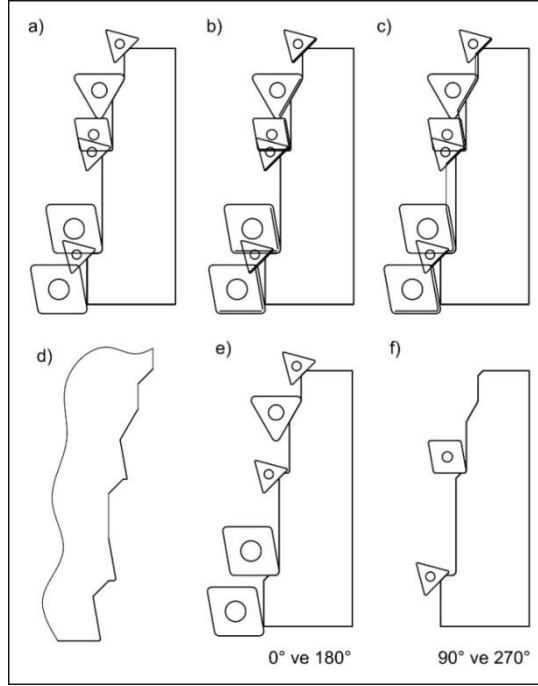
kuvvetlerini karşılayabilmektedir. Hangi kesici ucun daha büyük bileşke kesme kuvvetine maruz kaldığını tespit etmek için paso miktarları göz önüne alınabilir. Şekil 12a'da kaldırılması gereken toplam talaş hacim kesiti verilmektedir. Her bir kesici ucun talaş yükleri Şekil 12b'de verilmektedir. Buna göre c5 ve c7 kısımlarını işleyen kesici uçların paso değerlerinin c3 kısmını işleyen kesici ucun paso değerine kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu nedenle c5 ve c7 kısımlarını işleyen kesici uçların boyutlarının daha büyük seçilmesi uygun olacaktır. b7 ve b8 kenarlarını işleyen kesici ucun yerleşimi c5'te gösterilmiştir. b10 kenarını işleyen kesici uç ise c7'de gösterilmiştir. Her iki yerleşim için seçilen kesici uçlar CCMT 09T308'dir. Burada dikkat edilmesi gereken husus benzer kesici uçların kıyaslanmış olmasıdır. Köşe yarıçapları hariç c3, c5 ve c7 kısımlarını işleyen kesici uçlar dik kesme gerçekleştirmektedir. Ayrıca burada kesme kuvvetini etkileyen tek değişken paso miktarı değildir. Kesici uçların işledikleri çaplar farklı olduğu için kesme hızları değişmektedir. Kesme hızı kesme kuvvet katsayılarını etkilemektedir [20]. Bu örnekte ise delik çapları birbirine yakın olduğundan kesme hızının her bir kesici uç için çok fazla değişmediği kabul edilmiştir.



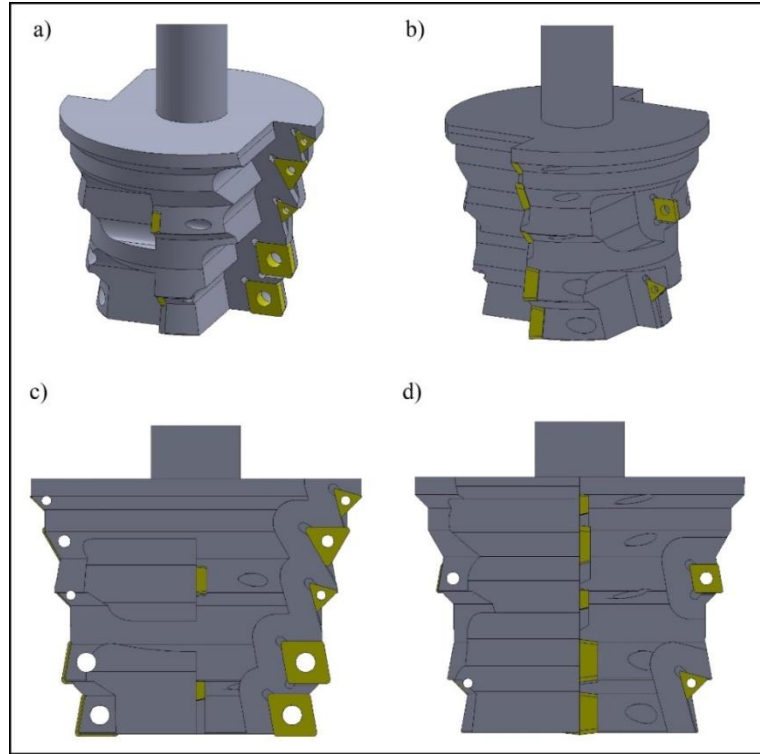
Şekil 12. Kesici uçların talaş yükleri.

Her bir kısım için kesici uç seçildikten sonra kesici uçların takım gövdesine yerleştirilmeleri gerekir. Bunun için öncelikle kesici uçlar tek kesitte incelenir (Şekil 13a). Takım gövdesini elde etmek için ofset değerleri daha önce belirtildiği gibi kesici uç kalınlığı ve yan yüzey açısı kullanılarak hesaplanır. Kesme kenarlarına paralel şekilde ofset ölçüleri girilir (Şekil 13b). Çizgiler birleştirilir ve gereksiz kısımlar kırılır (Şekil 13c). Elde edilen takım gövdesinin kesitinin profili Şekil 13d'de gösterilmektedir. Bu profil delik eksenini etrafında döndürülerek takım geometrisi elde edilir. Eğer üst üste gelen veya birbirlerine çok yakın olan kesici uçlar var ise bunlardan bazılarının açısal konumlarının değiştirilmesi gerekir. İncelenen örnekte bu durum söz konusudur (Şekil 13a). Üst üste gelen kesici uçların açısal konumları değiştirildikten sonra elde edilen son yerleşim Şekil 13e ve f'de gösterilmektedir.

Üst üste gelen kesici uçların yeniden konumlandırılmasından sonra iki açısal konumun yeterli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle her bir kesici uçtan takım gövdesine 180° açı farkı ile ikişer adet yerleştirilmiştir. Elde edilen son yerleşim Şekil 14a ve b'de gösterilmektedir. Takım çapı arttıkça kesici uçların yerleştirilmesi için gerekli olan yerlerin işlenmesi zorlaşmaktadır. Bunun nedeni kesici uçların takımın dönme ekseninden geçen düzlem üzerinde konumlandırılması gerekliliğidir. Bu nedenle kesici takımların takım gövdesine çarpmaması için boşluklar gerekmektedir. Bu boşluklar takım tasarımı için gerekli değilken takım imalatı için gereklidir. Şekil 14c ve d'de takım gövdesinde kesici uçların etrafında oluşturulmuş olan boşluklar gösterilmektedir.

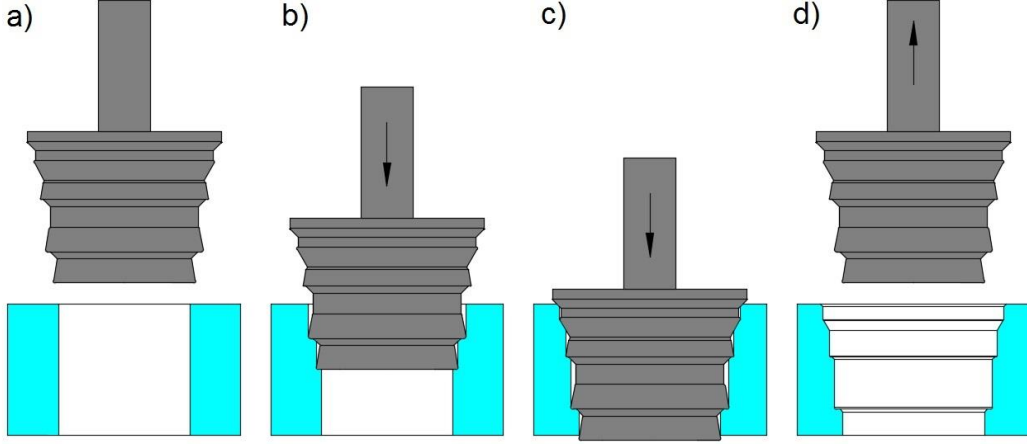


Şekil 13. Takım gövdesinin elde edilmesi. (a) Kesici uçların aynı kesitte gösterimi. (b) Ofset değerlerinin girilmesi. (c) Ofset çizgilerinin birleştirilmesi ve kırılması. (d) Takım kesiti profilinin elde edilmesi. (e,f) Üst üste gelen kesici uçların açılma konumlarının değiştirilmesi.



Şekil 14. (a) ve (b) Kombine kesici takımın tasarım sonrası son hali. (c) ve (d) Kesici uçların yuvalarının oluşturulması için gerekli olan boşluklar.

Elde edilen takımın işlenecek olan parçanın ölçüleri üzerindeki etkisini göstermek için Şekil 15 kullanılmıştır. Şekillerde, kesici takımın herhangi bir açısız konumundaki görüntüsü değil, kesici takımın döndürülmesiyle ortaya çıkan süpürme hacmi gösterilmektedir. Bunun nedeni bazı kesici uçların farklı açısız konumlarda olmalarıdır. Dolayısıyla bir kesit üzerinde işlemi gösterebilmek için takımın süpürme hacmi kullanılmıştır. Şekil 15d’de işlem sonrası parça kesiti gösterilmektedir. Bu kesit elde edilmek istenen parça kesitinin aynısıdır.



Şekil 15. Kademeli deliğin kombine takım ile işlenmesi. (a) Takım başlangıç konumunda, (b) takım işleme sırasında, (c) takım ulaşması gereken son noktada, (d) takım işlem sonrası parçasından uzaklaşıyor.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, kademeli delik teknik resminden başlanarak, kombine delik işleme takımının tasarlanması için sistematik bir yaklaşım sunulmuştur. Kesici uçların seçiminin ve yerleşiminin gerçekleştirilmesi için tasarım ayrıntıları açıklanmıştır. Özellikle kesici uç boyutunun seçilmesinde her bir kesici uca denk gelen talaş yükünün hesaba katılması, takım gövdesi üzerinde bulunan kesici uçların kullanım ömürlerinin kesme hızı farklılığı nedeniyle değişiklik göstermesinin dikkate alınması, kesici uç yarıçapının seçiminde elde edilmesi gereken yüzey pürüzlülüğü değerinin hesaba katılması ve kesici uçlara gelen radyal yöndeki kuvvetlerin dengelenmesi için kesici uçların takım gövdesine eşit açısız aralıklarla yerleştirilmesi bunlardan bazılarıdır. Tüm tasarım süreçleri bir bütün halinde akış şeması üzerinde gösterilmiştir. Örnek bir kademeli delik için kombine delik işleme takım tasarımı yapılmıştır. Buna göre tasarımda aşağıda belirtilen sıranın izlenmesinin uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

- Kademeli delik profilinin ortalama ölçüler alınarak elde edilmesi.
- Kesit profilindeki kenarların ve köşe yarıçaplarının tanımlanması.
- Her bir kenarı işleyecek olan kesici ucun belirlenmesi.
- Kesici uçların kesit profiline yerleştirilmesi.
- Kesici uçların yan yüzey açıları ve kalınlıklarının kullanılmasıyla ofset ölçülerinin bulunması.
- Takım gövdesinin elde edilmesi.
- Üst üste gelen kesici uçların açısız konumlarının değiştirilerek takım gövdesine yerleştirilmesi.
- Kesici uçlar için takım gövdesi üzerinde yuvaların oluşturulması.

Kaynaklar

- [1] Kayır Y, Demirel E, Güneş S. Takma uçlu matkap ve kesme parametrelerinin seçimi için bir uzman sistem. El-Cezeri Journal of Science and Engineering 2018; 5: 797–806.
- [2] Karagöz İ. Kesici takım malzemesi seçiminin kesici takım kaynaklı hatalar üzerindeki etkisinin incelenmesi. Kalıp Dünyası Dergisi 2012; 76: 118–23.
- [3] Pamukoğlu U, Göloğlu C. Delik işlemleri için maliyet merkezli bir sistem. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2004; 10: 31–9.

- [4] Yağmur S, Adem A, Şeker U. AISI 1050 çeliğinin delinmesinde kesme parametrelerinin ve kaplama uygulamasının dairesellikten sapma (ovalite) üzerindeki etkilerinin araştırılması. *Politeknik Dergisi* 2013; 16: 105–9.
- [5] Kim KH, Cho CH, Jeon SY, Lee K, Dornfeld DA. Drilling and deburring in a single process. *Proc. Inst. Mech. Eng., Part B: J. Eng. Manuf.* 2003; 217: 1327–31.
- [6] Gürbüz H, Şeker U, Kafkas F. AISI 316L çeliğinin tornalanmasında kesici takım formlarının yüzey bütünlüğü üzerine etkisi. *J. Fac. Eng. Archit. Gazi Univ.* 2020; 35: 225–40.
- [7] Çaydaş U, Çelik M. AA 7075-T6 alaşımının delinmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, takım sıcaklığı ve ilerleme kuvvetine etkilerinin araştırılması. *Politeknik Dergisi* 2017; 20: 419–25.
- [8] Smith GT. *Cutting tool technology: industrial handbook.* Springer Science & Business Media; 2008.
- [9] Panickar M, Mate DM. Design & analysis of multiple operational tool holder with considering the plain drilling & boring operation under maximum torque conditions. *Mater. Today: Proc.* 2021; 43: 2397–403.
- [10] Song Q, Shi J, Zhanqiang L, Wan Y, Xia F. Boring bar with constrained layer damper for improving process stability. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2015; 83. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7670-5>.
- [11] Atabey F, Lazoglu I, Altintas Y. Mechanics of boring processes—Part I. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 2003; 43: 463–76. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(02\)00276-6](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(02)00276-6).
- [12] Atabey F, Lazoglu I, Altintas Y. Mechanics of boring processes—Part II—multi-insert boring heads. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 2003; 43: 477–84.
- [13] Lazoglu I, Atabey F, Altintas Y. Dynamics of boring processes: Part III-time domain modeling. *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 2002; 42: 1567–76. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(02\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(02)00067-6).
- [14] Senbabaoglu F, Lazoglu I, Ozkeser SO. Experimental analysis of boring process on automotive engine cylinders. *The Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2010; 48: 11–21.
- [15] Lawrance G, Paul PS, Varadarajan AS, Vasanth XA, Raj SB. Suppression of tool vibration in boring process: a review. *J. Inst. Eng. (India): Series C* 2019; 100: 1053–69.
- [16] Vieira JT, Pereira RBD, Freitas SA, Lauro CH, Brandão LC. Multi-objective robust evolutionary optimization of the boring process of AISI 4130 steel. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2021; 112: 1745–65.
- [17] Lawrance G, Paul PS, Varadarajan AS, Praveen AP, Vasanth XA. Attenuation of vibration in boring tool using spring controlled impact damper. *Int. J. Interact. Des. Manuf. (IJIDeM)* 2017; 11: 903–15.
- [18] ISO 1832:2017. Indexable inserts for cutting tools - Designation n.d.
- [19] Singh D, Rao PV. A surface roughness prediction model for hard turning process. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2007; 32: 1115–24.
- [20] Grossi N, Sallese L, Scippa A, Campatelli G. Speed-varying cutting force coefficient identification in milling. *Precis. Eng.* 2015; 42: 321–34. <https://doi.org/10.1016/j.precisioneng.2015.04.006>.