

Sürdürülebilir Üretim İçin Talaşlı İmalatta Kullanılan Kesme Sıvılarının Geri Dönüşümü

Ayşegül Çakır ^{*1}

Nergizhan Kavak ²

Ulvi Şeker ³

ÖZ

Talaşlı üretim işlemlerinde yüksek verimlilik eldesi için yüksek kesme hızı ve ilerleme değerlerinin kullanılmaya başlanması ve bununla birlikte iyi bir kesme performansının amaçlanması, kesme sıvılarının önemini artırmıştır. Son yıllarda kullanımı hızla artan kesme sıvılarının işleme performansına olumlu katkılarına karşılık, toplam üretim maliyetini artırdığı ve çevreyi olumsuz etkilediği bilinmektedir. Günümüzde özellikle doğal kaynakların korunması açısından sürdürülebilir üretim tercih edilmesi gereken bir yaklaşımdır. Bu çalışmada, sürdürülebilir bir üretim için talaşlı imalatta kullanılan kesme sıvılarının geri dönüşümü mümkün olacak özellikte seçilmesinin önemi vurgulanmıştır. Kullanılan kesme sıvılarının bakımı, geri dönüşümü ve yeniden kullanılması safhaları ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Ayrıca geri dönüşümü mümkün olmayan kesme sıvılarının çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden nasıl imha edilmesi gerektiği hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kesme sıvısı, geri dönüşüm, talaşlı üretim, eko-verimlilik, sürdürülebilir üretim

Recycling of Cutting Fluids Used in Machining Process for Sustainable Production

ABSTRACT

With the use of high cutting speeds and feed values for a high performance in machining and the aim of a good cutting performance as well, cutting fluids have gained importance. In recent years, it is known that cutting fluids, which are more widely used, increase the total cost of production and have an adverse effect on the environment as opposed to their contributions to the processing performance. Today, sustainable production is an approach that should be preferred, especially in terms of conservation of natural resources. In this study, the importance of selecting especially the recycleable cutting fluids for a sustainable production in machining has been emphasized. The maintenance, recycling and reuse phases of the cutting fluids have been explained in detail. Also, this study gives information about how to dispose non-recycleable cutting fluids without damaging environment and human health.

Keywords: Cutting fluid, recycling, machining, eco-efficiency, sustainable production

* İletişim Yazarı

Geliş/Received : 11.11.2016

Kabul/Accepted : 12.01.2017

¹ Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölüm - aysegulcakir@beun.edu.tr

² Yrd. Doç. Dr., Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Malzemeleri ve İmalat Teknikleri Anabilim Dalı - nergizhan.kavak@beun.edu.tr

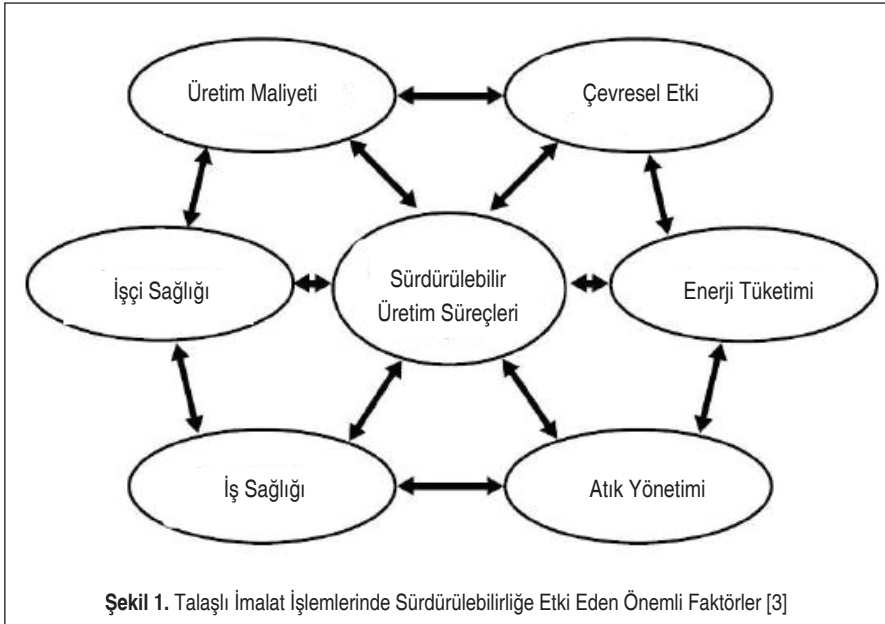
³ Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği - useker@gazi.edu.tr

1. GİRİŞ

İmalat endüstrisi için ham malzemenin cevherden çıkarılışından son ürün haline gelineceye kadar geçen süreçte çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir bir üretimin gerçekleştirilmesi çok önemlidir. Başarılı bir sürdürülebilir imalat yöntemiyle çevresel alanla ilgili yapılan bir iyileşme diğer alanları da olumlu etkileyebilmektedir. Örneğin çevresel faktörler dikkate alınarak yapılan üretim planı, girdi maliyetlerini aşağı çekerken ürünün kullanım ömrünü artırarak ürünü daha kârlı hale getirebilmektedir [1-2].

Talaşlı üretim işlemlerinde birden çok kullanım amacını güden “geri dönüşüm, yeniden kullanım, yeniden üretim” düşüncesi mühendislik malzemelerinin imalat işlemleri ve sistemleri ile birlikte yaratıcı bir şekilde birleşmesiyle mümkündür (Şekil 1).

Talaşlı imalat işlemlerinde sürdürülebilir faktörlerin istenen seviyeleri; asgari ölçüde enerji tüketimi ve işleme maliyetinin yanında, azami ölçüde çevre dostu olma, insan sağlığı, operasyonel güvenlik şartlarında olması olarak tanımlanabilir. Enerji tüketiminin azaltılması, atıksız/minimum atıklı imalat işlemleri ve kullanım ömrü biten ürünün ham malzemesinin tekrar kullanma alanlarının mümkün olmasıyla ilgilidir. Özellikle talaşlı imalat işlemlerinde kesme sıvılarının, kesme uçlarının, kesme koşullarının ve takım iş parçası kombinasyonları üzerinde yapılacak analizler, enerji tüketiminin azaltılması için fırsatlar içermektedir [2-3].



Şekil 1. Talaşlı İmalat İşlemlerinde Sürdürülebilirliğe Etki Eden Önemli Faktörler [3]



2 KESME SIVILARININ TALAŞLI İMALATTAKİ YERİ

2.1 Kesme Sıvılarının Özellikleri ve Sınıflandırılması

Talaşlı imalat sürecinde karşılaşılan problemlerin çözümünde kesme sıvısı uygulamaları önem arz etmektedir. Çünkü bu süreçte, kesme sıvıları kesme bölgesinde oluşan ıstıyı düşürürken, yağlama etkisi ile takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünmeyi azaltır. Çıkan talaşın kesme bölgesinden uzaklaşmasına da yardımcı olur. Bu şekilde, kesme sıvıları takım ömrünün uzamasını ve ürün kalitesinin artmasını sağlar. Kesme sıvıları soğutucu ve yağlayıcı olmak üzere iki gruba ayrılır. Soğutucular iyi bir ısı iletim kabiliyetine, yağlayıcılar ise iyi bir ıslatma kabiliyetine sahiptir [4]. Bunların yanında, kesme sıvılarının diğer bazı işlevlerini şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Çıkan talaşın biçimini değiştirmek ve uzaklaştırmak,
- Talaş sıvanması ve yığıntı kenar (BUE) oluşumunu engellemek,
- Güç sarfiyatını düşürmek,
- Korozyonu engellemek,
- Takım ömrünü ve verimliliğini artırmak,
- Toksik ve yanıcı olmayan güvenli bir çalışma ortamı sağlamak [5].

İlave edilen belirli katkılarla kesme sıvılarının özellikleri, söz konusu işlevleri daha aktif yerine getirebilecek şekilde geliştirilebilir. Kesme sıvılarına işleme şartlarına göre uygun katkıları katılmalıdır. Örneğin düşük kesme hızlarında yağlama, yüksek



Şekil 2. Talaşlı Üretimde Kesme Sıvısı Kullanımı

kesme hızlarında soğutma özelliğini iyileştirecek katkılar seçilmelidir (Şekil 2) [4].

Kesme sıvıları kimyasal bileşimlerine göre kesme yağları ve su esaslı kesme sıvıları olarak ikiye ayrılabilir (Şekil 2). Su esaslı kesme sıvıları kendi içinde; çözülebilir yağlar, yarı sentetik ve sentetik kesme sıvıları olarak sınıflandırılabilir [6].

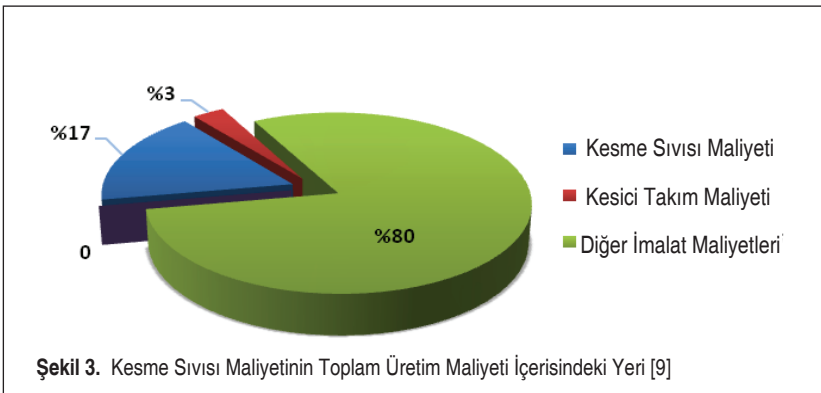
2.2 Kesme Sıvılarının Çevreye ve Toplam Üretim Maliyetine Etkisi

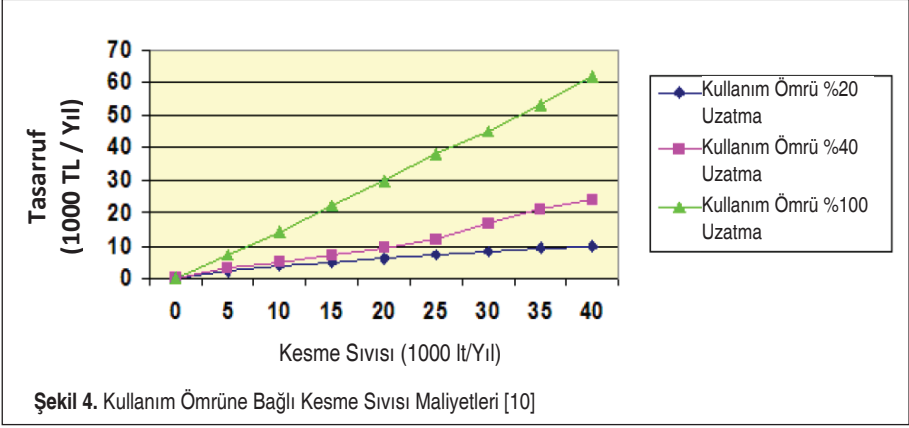
Talaşlı imalatta yüksek verimliliğe olan talepteki artışla birlikte yüksek kesme ve ilerleme hızlarına ihtiyaç duyulmuştur. Yüksek kesme hızı ve ilerleme değerlerinin kullanılmasının sonucu olarak, yüksek kesme sıcaklıkları ortaya çıkmakta ve bu da takım ömrünü azaltmakla kalmayıp parça kalitesini de düşürmektedir. Kesme sıvılarının uygulanması yağlama, soğutma ve talaş uzaklaştırma özellikleri sayesinde talaşlı imalat işleminin performansına olumlu katkı yapmaktadır [7]. Fakat kesme sıvısı uygulamasında süreç kontrolü iyi yapılmadığı zaman, sözü edilen avantajlarının yanında imalat sürecinde olumsuz etkilere de sebep olmaktadır. Atık yönetimi iyi yapılmayan kimyasal içeriğe sahip kesme sıvısı toprağa karışarak doğaya zarar vermektedir [8].

Yapılan araştırmalarda talaşlı üretimde kesme sıvısı maliyeti, toplam üretim maliyetinin %7 - %17'lik kısmını oluşturduğu ortaya konmuştur. Aynı araştırmalarda kesici takım maliyetinin %3 - %4 seviyelerinde olduğu dikkate alındığında, kesme sıvısı maliyetinin toplam üretim maliyeti içerisindeki önemi ortaya çıkmaktadır (Şekil 3) [9].

Uygun bakım tedbirleri alındığında soğutucu yağların kullanım süresi artacağı için metal işleme tesislerinin giderleri, aşağıdaki alanlarda azaltılarak tasarruf yapmaları mümkün olacaktır:

- Yeni soğutucu yağ konsantresi temin miktarının azaltılması,
- Soğutucu yağ değişimi yapmak için makinelerin bekleme süresinin kısaltılması,





- Daha az imha maliyetinin gerçekleştirilmesi,
- Daha az hastalıktan dolayı işgücü kayıplarının önlenmesi [10].

Kullanım ömrüne bağlı soğutma sıvısı maliyetinde yapılan tasarruflarla ilgili grafik Şekil 4'te verilmiştir.

Bakım tedbirlerinin haricinde, kesme sıvılarının depolanması, tedarigi ve atığının yok edilmesi gibi safhaların maliyetlerinden dolayı da toplam üretim maliyeti yükselmektedir. Her işlemde yeni bir kesme sıvısı kullanılması yerine, kullanılmış kesme sıvılarının yapılan geri dönüşümle yeniden kullanılması, doğaya ve toplam üretim maliyetine olumlu etkisi açısından önemli bir konudur. Dolayısıyla kesme sıvılarının, sözü edilen işlevlerinin yanında, eko-verimlilik ve çevresel etkileri bakımından kullanıldıktan sonra arıtılmasının ve geri dönüşümünün mümkün olması özelliğine sahip olması da önemlidir [3].

3 KESME SIVILARININ BAKIMI VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ

3.1 Kesme Sıvılarının Bakımı

İmalatta kullanılan her unsorda olduğu gibi, kesme sıvılarında da belli bir çalışma ömrü söz konusudur. Kesme sıvıları çalışma süreleri boyunca işlenen çeşitli metaller ile talaşları, içerisindeki katkıların durumu, yüksek ısı, hava ve toz gibi dış etkenlerin etkisi altındadır. Örneğin yüksek sıcaklıklar suyun buharlaşarak kesme sıvısındaki su oranının azalmasına neden olurken, düşük sıcaklıklar ise bazı katkı maddelerin ayrışmasına neden olabilmektedir. Sıcaklık ve diğer çevresel faktörlerin etkisiyle kirlenen ve bozulan kesme sıvıları zamanla, zararlı bakterilerin yaşaması için uygun bir ortam oluştururlar. Bazı kesme sıvıları atık aşamasından önce biyolojik olarak bozunabilmektedir. Suda çözünen kesme sıvıları kesme yağlarına göre daha çok bakım gerekti-

rir. Bu bakım öncelikle sıvıda oluşan mikroorganizmaların artmasını engellemektedir. Kesme sıvılarının bozunma sürecinde içeriğine bağlı olarak bakteriler, funguslar ve algler olmak üzere üç tip mikroorganizma türü oluşabilmektedir [3-4].

Keme sıvılarına katılan performans artırıcı katkıları ilk kullanımda kesme sürecine olumlu tesir etseler de, kesme sıvısının daha erken kirlenip atılır hale gelmesine de sebep olurlar. Bu katkıların yanında, kesme sıvılarına karışıp kirlenmelerini hızlandıran bazı hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Korozyona karşı mukavemet kazandıran katkıları
- Tezgahların kızak sistemleri gibi hareketli kısımlarında kullanılan gres yağlarının sızması
- Petrol veya solventler gibi yıkama maddeleri
- Farklı bir imalat işlemi için kullanılan başka cins bir kesme yağının karışması
- Yağa karışan metal talaşlar

Tüm bu olumsuz şartların tesiri altında kalan kesme sıvıları kontrol edilerek kullanılabilir halde olup olmadığını belirleme ihtiyacı hasıl olur. Kullanılmış kesme sıvıları konsantrasyon kontrolü, nötralizasyon (pH) kontrolü ve bakteri kontrolü olmak üzere üç şekilde kontrol edilebilir [11]:

Konsantrasyon Kontrolü: Bu kontrol sadece emülsiyon yağlarda kullanılmaktadır. Su ve yağ emülsiyonlarında kesme işlemi esnasında talaşa bulaşarak ayrılan yağ, emülsiyonun yağ oranını düşürür. Kesme bölgesinde oluşan yüksek sıcaklık ise su/yağ emülsiyonlarındaki suyun buharlaşarak yağ oranının artmasına sebep olur. Emülsiyon konsantrasyonu iki yöntemle ölçülür: İlk yöntemde, hidrometre ile özgül ağırlığı ölçülen emülsiyonun konsantrasyonu tahvil cetvelinden gözlemlenir. Fakat emülsiyona tezgah yağı gibi istenmeyen atıklar karıştığı takdirde hidrometre ile ölçülen yağ konsantrasyonu doğru sonuç vermediğinden dolayı bu yöntem güvenli olmayabilir. İkinci yöntemde, konsantrasyonu tesbit edilecek emülsiyondan 100 cm³'lük bir miktar, test için üzerine hacim ölçüleri belirtilmiş bir tüpe konur ve üzerine 10 cm³ (%10) hidroklorik asit (tuz ruhu) ilave edilir. Asit, emülsiyonu kırarak yağ ile su birbirinden ayrılır ve yağ üstte toplanır. Buradan emülsiyondaki yağ miktarı kolayca tesbit edilebilir.

Nötralizasyon (pH) Kontrolü: Kesme bölgesinde sıcaklığın artması ve havadaki oksijenin de etkisiyle kesme sıvıları zamanla oksitlenir. Bu oksitlenme sonucu, kesme sıvısında asit miktarı artar. Artan asit oranı ise kesme sıvısında koku, viskozite yükselmesi, korozyon etkisi, bakteri üremesi ve emülsiyonlarda konsantrasyonun değişmesi gibi sonuçlara neden olur. Kesme sıvılarının asit oranını ölçmek için notralizasyon deneyleri yapılır. Notralizasyon numarası tayini için ASTM'de (American Society for Testing and Materials) standardı bulunan kolorimetrik yöntem (D-974) ve elektrometrik yöntem (D-664) olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır.



Bakteri Kontrolü: Kullanılmış kesme sıvılarında, bilhassa organik kesme sıvılarının ve içerisindeki katkıların zamanla, çeşitli dış faktörlerin tesiriyle bozulması sonucu bakteriler oluşur. Oluşan bu bakteriler kesme sıvılarının bozulmasını hızlandırmanın yanında, kokuşmasına, korozyona ve cilt enfeksiyonlarına da sebep olabilmektedir. Bakterilerin özellikle 30 °C civarında asitli ortamlarda kolayca çoğalabildiği bilinmektedir. Bunun için kesme sıvıları zaman zaman bakteri kontrolüne tabi tutulur. Bakteri kontrolü için amacına uygun optik kontrol cihazları kullanılmaktadır. Kontrol sonunda, kesme sıvısında gözlenen bakteri varlığını yok edebilmek için, kesme sıvısı 70-80 °C'lik ortamlarda sterilizasyona tabi tutulmakta ya da pH değerleri 9,5 üzerine çıkarılmaktadır. Ayrıca bakteri oluşumunu engellemek için kesme sıvısına bakterileri öldürme amacıyla biyosid ilave edildiği de bilinmektedir [4, 11].

Kullanılan kesme sıvılarının ömrünün uzatılması amacıyla bazı organizasyonel önlemler alınması üretim sürecine ciddi katkılar sağlayabilir. Bunlar:

Tablo 1. Emülsiyonların Kontrolü İçin Parametreler ve Sınır Değerleri [10]

Parametre	Genel Kullanım Alanı / Uyarı Sinyali	Ölçme Sistemi	Haftalık Ölçüm	Tedbirler
Kesme sıvısı konsantrasyonu	% 2-10 (kullanıma özgülü), Yaklaşık %5'lik sapma	Refraktometre, Ayırma pistonları	2-3	Çok ince olması halinde yağlı emülsiyon ilave edilir. Çok yağlı olması halinde ise yağsız emülsiyon katarak inceltilir
pH değeri	Yaklaşık 9 ürüne özel, Belirgin azalma	pH - Kağıt pH - Metre	1-2	Aşağıdakiler için gösterge: - Konsantrasyon değişikliği - Çok fazla bakteri bulunma - Eskime
Nitrit oranı	0-10 mg/l > 20 mg/l	Nitrat ölçüm çubuğu, Analiz	1	Nitrosamin analizi (Kesme sıvısı değişimi tesbiti için)
İletkenlik	100-1000 µs > 5000 µs	İletkenlik ölçüm cihazı	0,5	Çözülmüş ağır metaller gibi zararlıların yüksek oranda bulunduğu göstergesi, Analiz ve gerekirse kesme sıvısı değişimi
İçinde bulunan bakteriler	> 10 ⁴ bakteri/ml > 10 ⁶ bakteri/ml	Bakteri göstergeleri, Dip-Slides	1	Biyosid ilavesi, Gerekirse kesme sıvısı değişimi
Isı	ca. 20 °C > 25 °C	Termometre	Sınır ısı değeri	Banyo büyüklüğünün kontrol edilmesi, Soğutma sistemi

- Kesme sıvılarıyla ilgili bütün konulardan sorumlu bir çalışan belirlenip, belirli aralıklarla da ilgili bütün çalışanlara kesme sıvılarının doğru kullanımı konusunda eğitim verilmesi,
- Kesme sıvısı banyosuna farklı kesme sıvısı türlerinin karışmasının çeşitli tedbirlerle önlenmesi,
- Ayrışmaya dayanıklı emülsiyonlar kullanılması ve emülsiyonun doğru karıştırılıp ayarlanmasına dikkat edilmesi,
- Deşarj kayıplarının, yani kesme sıvılarının işlenen parça ve metal talaşı ile taşınmasının önlenmesi,
- Soğutucu yağ banyolarının düzenli olarak kontrol edilmesi, şeklinde maddeler halinde özetlenebilir [10].

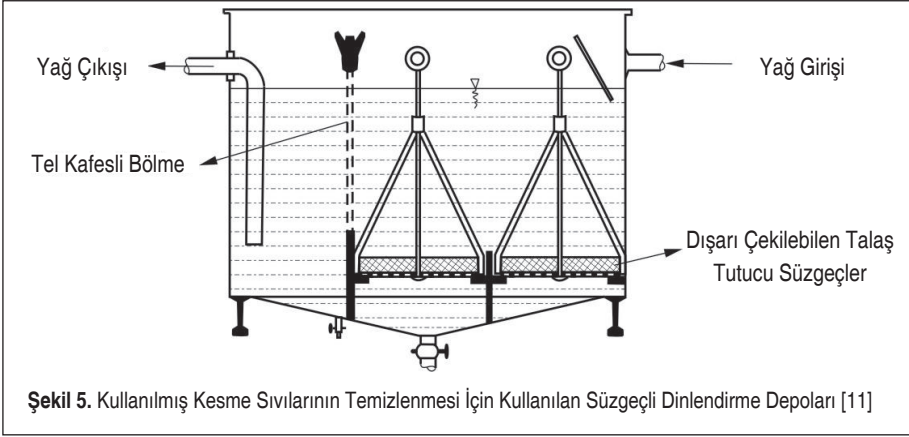
Özellikle banyoda uzun kalma sürelerinde ve merkezi tesislerde kesme sıvısı konsantrasyonu, pH değeri, ısı, iletkenlik, bakteri oluşum derecesi ve gerekirse merkezi tesislerde biyosid oranı gibi parametrelerin ölçülüp belgelenmesi gerekmektedir. Nispeten basit imkanlarla (el fraksiyon ölçüm cihazı, pH kağıdı, termometre ve Dip-slide ile) soğutucu yağların durumlarıyla ilgili önemli referans değerler elde edilebilir. Ölçülen değerler mutlaka, gerektiğinde alınan tedbirler ile bağlantılı olarak belgelenmelidir [10]. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından 2012 yılında yapılan “Türkiye’de Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi” konulu çalışmada, kesme emülsiyonların kontrolü için parametreler ve sınır değerleri belirlenerek bir tablo ile gösterilmiştir (Tablo 1).

3.2 Kesme Sıvılarının Geri Dönüşümü

Kesme sıvısı kullanılarak yapılan her türlü talaşlı üretim işleminde kesme sıvılarına her cins ve boyutta metal talaşları ve toz karışabilmektedir. Daha ekonomik bir imalat işlemi için ince işlemlerde kullanılmış kesme sıvıları daha kaba işlemlerde yeniden kullanılabilir. Hassas işlemlerde ise bu atıklardan arındırılmadan tekrar kullanılan kesme sıvıları yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Ayrıca, arındırılmadan kullanılan kesme sıvıları tezgah pompa ve diğer soğutma sistemlerinde hasar meydana getirebileceği gibi çalışanların ellerine de zarar verebilmektedir. Kesme sıvısındaki büyük talaşlar kolaylıkla ayrılabilirken, ince talaş ve tozların kesme sıvılarından ayrıştırılması çok daha zor bir işlem gerektirmektedir. Kesme sıvılarının istenmeyen atıklardan ayrıştırılarak temizlenme işlemi genel olarak iki yöntemle gerçekleştirilmektedir. Bunlar:

- 1) Depolarda dinlendirerek
- 2) Süzdürme işlemine tabi tutarak

Gerektiğinde her iki yöntem birlikte de uygulanabilmektedir [11].



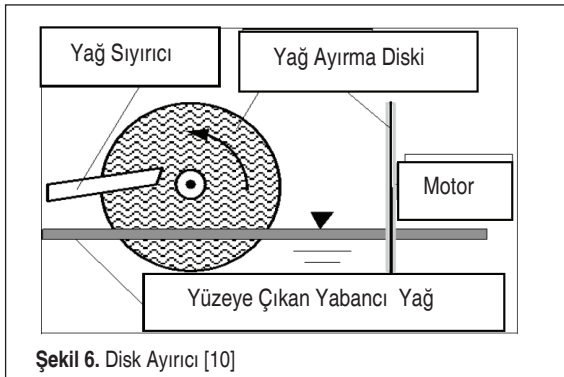
Şekil 5. Kullanılmış Kesme Sıvılarının Temizlenmesi İçin Kullanılan Süzgeçli Dinlendirme Depoları [11]

3.2.1 Depolarda Dinlendirme

Kullanılmış kesme sıvılarının içindeki talaş ve yabancı maddelerin dibe çökmesi için, dinlendirme depolarında kesme sıvıları bir süre dinlendirilir. Dinlendirilen kesme sıvısının viskozitesinin düşürülmesi için 40 - 50 °C'e ısıtılarak ince talaşların dibe çökmesi kolaylaştırılır. Bazı kesme sıvısı depoları ise daha etkili olması için Şekil 5'teki gibi süzgeçli yapılıdır.

Ayrıca, demir tozu ve talaşlarının çökmesi için dinlendirme deposunun dibine mıknatıs koymak, özellikle yüzeydeki dinlenmiş kesme sıvısının aktarılması sürecinde oluşan dalgalanmalarda sıvının tekrar bulanmasına mani olmaktadır. Dinlendirme işlemiyle atıkların tamamen temizlenmesi mümkün olmadığı için, özellikle hassas işlemlerde kullanılan kesme sıvısının süzdürme işlemiyle temizlenmesi gerekmektedir [11].

Kesme sıvısına farklı bir kesme sıvısı karıştığında ise (emülsiyona saf yağ karışması gibi) yine dinlendirme yoluyla; fakat farklı arındırma aygıtları kullanılarak iki sıvı



Şekil 6. Disk Ayırıcı [10]

birbirinden ayrılabilir. “Skimmer”(ayırıcı) denilen bu yağ ayırma tekniğinin kullanılması, emülsiyonun dinlenme süresine bağlıdır. Yabancı yağlar sadece makinaların yeterince uzun bir süre çalışmadığı zamanlarda (örneğin gece ya da hafta sonunda), hiç bir engelle karşılaşmadan skimmer ile alınacak şekilde yüzeye çıkabilir. Skimmer tekniğinin çalışması, yağların yağ bağlayıcı maddelerin (oleofil) üzerine yapışma ile gerçekleşir. Soğutucu yağ yüzeyine çıkmış yabancı yağlar bu şekilde alınarak emülsiyon temizlenebilir. Disk skimmer, hortum skimmer, bant skimmer ve zincirli skimmer en sık kullanılan yağ ayırma aygıtlarıdır [10]. Disk ayırıcı Şekil 6’da şematik olarak gösterilmiştir.

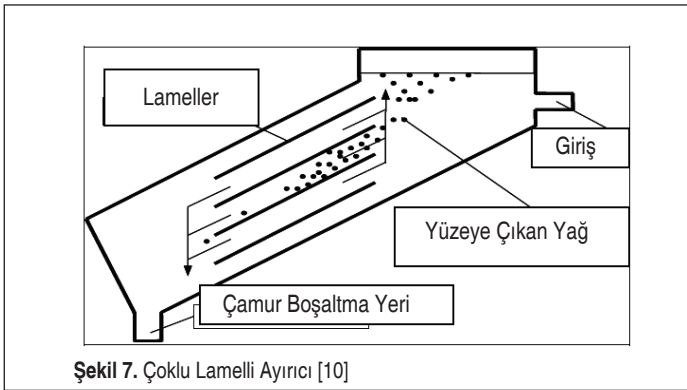
Skimmer kullanımının maliyet açısından uygun olmadığı veya etkin bir şekilde yağ ayrıştırması gerçekleştirilemediğinde, karışmış ve yüzeye çıkmayan yağlarda “Separasyon (ayırma) sistemi” yardımıyla yabancı yağları ayırmak mümkündür. Separasyon sisteminin kullanımı aşağıdaki durumlarda uygundur:

- Yabancı yağın büyük bölümü emülsiyona karışmış ise
- Yabancı yağın serbest yağ fazı olarak emülsiyon yüzeyine çıkma şansı yok ise (makinaların çoklu vardiye sisteminde çalıştırılması vs.)
- Emülsiyondan yabancı yağ dışında katı maddeler vs. de ayrılacak ise

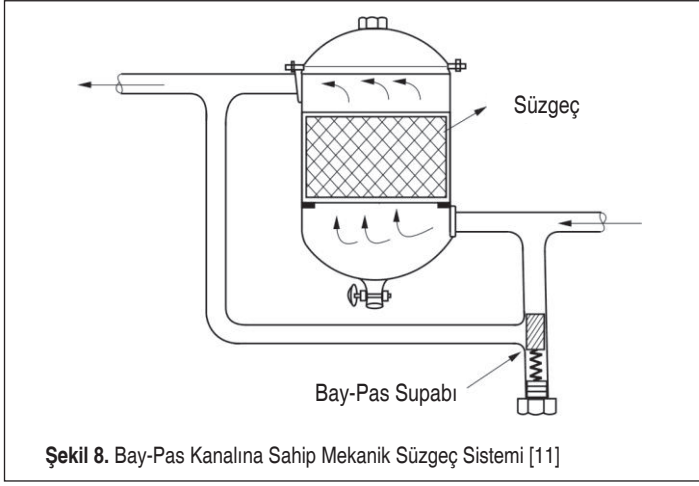
Bu yöntemde kullanılan cihazlar ise santrifüj, koalesans ayıraç, çoklu lamelli ayırıcı ve halka-hazneli yağ ayırıcısıdır [10]. Çoklu lamelli ayırıcı Şekil 7’de şematik olarak gösterilmiştir.

3.2.2 Süzdürme (Filtrasyon) İşlemine Tabi Tutma

Süzdürme (filtrasyon) tekniği denildiğinde ilk akla gelen, kullanılmış kesme sıvılarının içerisindeki talaş ve yabancı maddelerin ayrıştırılması için depoya girişte veya depodan çıkışta belirli süzgeçlerden geçirilerek süzme işlemidir. Aslında, kullanılmış kesme sıvısına dinlendirme haricindeki tüm müdahaleler (çeşitli tekniklerle arıtma



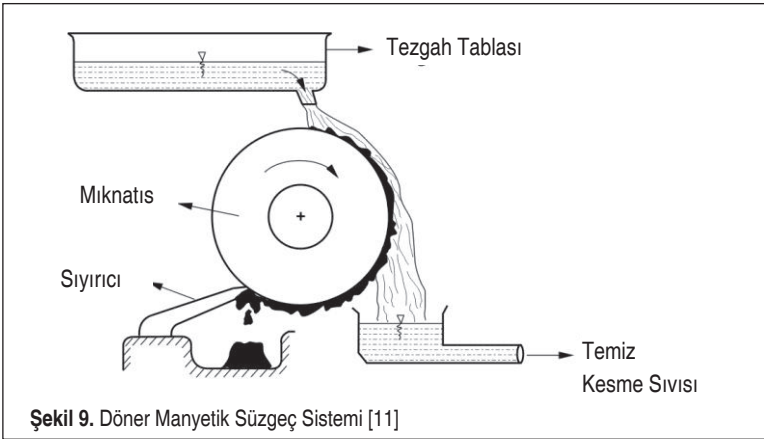
Şekil 7. Çoklu Lamelli Ayırıcı [10]



Şekil 8. Bay-Pas Kanalına Sahip Mekanik Süzgeç Sistemi [11]

işlemleri) süzdürme sınıfında değerlendirilebilir. Kesme sıvılarının süzdürme işlemi; mekanik, manyetik ve santrifüj olmak üzere üç grupta incelenebilir [11].

Mekanik Süzdürme: Mekanik süzdürme tekniği, kesme yağı içerisinde talaş ve toz gibi istenmeyen atıkları ayırmak üzere tasarlanmış, üzerinde kesme sıvısı girişi ve çıkışı bölümleri bulunan bir süzgeç kullanılarak yapılan süzdürme işlemidir. Süzgecin bir ucundan giren kullanılmış kesme sıvısı içerisindeki talaş ve tozları süzgeç elemanına bırakarak diğer taraftan temizlenerek çıkar. Süzgeç elemanı malzemesi metal, polimer ya da kompozit olabilir. Tek olarak kullanılabilmesi gibi, çeşitli süzgeç aralıklarını ihtiva eden kademeli ve çoklu süzgeç sistemleri de kullanılabilir. Süzgeç elemanlarının dolarak tıkanması ihtimaline karşı Şekil 8'deki gibi bir bay-pas kanalı ile sistem desteklenebilir. Bunun yanında süzgeç elemanlarının periyodik temizliğinin de yapılması gerekmektedir [11].

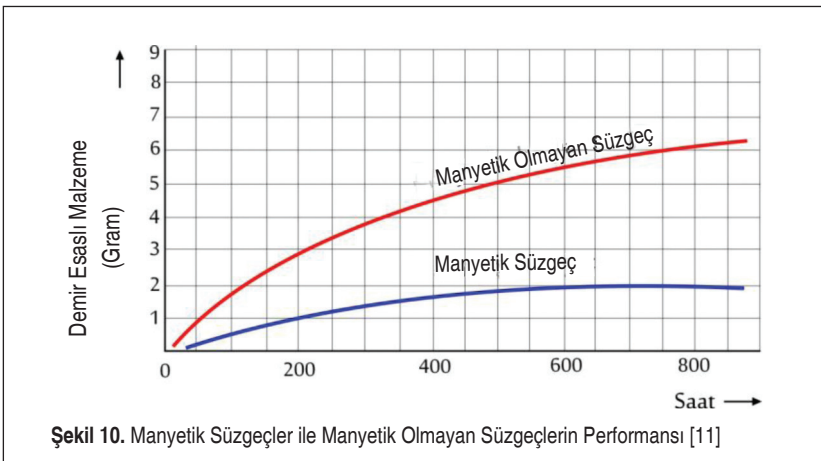


Şekil 9. Döner Manyetik Süzgeç Sistemi [11]

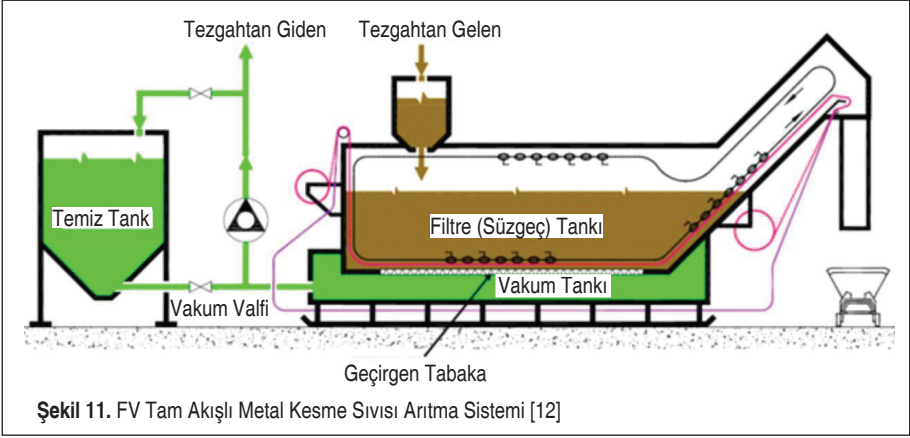
Manyetik Süzdürme: Manyetik süzdürme tekniği, taşlama tezgahlarında daha yaygın olmakla birlikte diğer talaşlı imalat tezgahlarında da kullanılabilir. Bu süzdürme tekniği sadece ferromanyetik malzemeler için etkilidir. İçinde ince ferromanyetik taneler bulunan kesme yağı bir manyetik alandan geçirilirken, manyetik alan etkisiyle bu tanelerin yağdan ayrılması sağlanır. Manyetik süzgeçlerin sabit ve döner olmak üzere iki tipi vardır. Sabit manyetik süzgeçlerde giriş ve çıkış bölümlerinin olduğu bir hazne ve içerisinde delikli bir manyetik süzgeç bulunur. Bir taraftan giren kullanılmış kesme sıvısı içerisindeki demir esaslı tozlar ve talaşlar mıknatıs tarafından tutulur ve kesme sıvısı temizlenmiş olur. Hareketli mıknatıslarda da benzer şekilde, tezgah tablasından gelen kullanılmış kesme sıvısı dönen mıknatıslı silindireler üzerinden serbestçe akıtılır. Mıknatıs etkisiyle silindir tarafından çekilen demir esaslı talaş ve tozlar kesme sıvısından ayrılmış olur. Mıknatıs silindir üzerine toplanmış olan demir esaslı talaş ve tozlar silindire bir noktadan temas halinde olan bir sıyırıcı ile uzaklaştırılır [11]. Döner mıknatıslı süzgeç sistemi Şekil 9’da şematik olarak gösterilmiştir.

Manyetik olan ve olmayan süzgeçlerdeki süzme işleminden sonra kesme sıvısında kalan demir esaslı malzeme miktarlarındaki fark, Şekil 10’daki grafikte açık bir şekilde görülmektedir.

Santrifüj Süzdürme: Bu süzdürme tekniğinde maddelerin yoğunluk farkı ve merkezkaç kuvvetinden yararlanır. Bunun için kullanılmış kesme sıvısı, düşey eksende yüksek bir hızla dönen tambur üzerine akıtılır. Metal talaşlar ile kesme sıvısı arasındaki yoğunluk farkından dolayı talaşlar merkezden uzak bir kaptan toplanırken, kesme sıvısı merkeze daha yakın bir kaptan birikerek kesme sıvısının talaştan ayrılması gerçekleşir. Eğer kesme sıvısı saf yağ formunda ise ve istenmeyen su benzeri sıvılar yağa karışmışsa, santrifüj süzme işlemi ile yine yoğunluk farkından dolayı birbirlerinden ayrılabilirler. Ayrıca santrifüj süzme işleminde mekanik süzgeçlerde olduğu gibi tıkanma problemi de yaşanmaz. Manyetik süzme tekniğinde sadece demir esaslı



Şekil 10. Manyetik Süzgeçler ile Manyetik Olmayan Süzgeçlerin Performansı [11]



atıklar ayrıştırılabilirken, santrifüj süzme işleminde her tür talaş ve yabancı maddeler süzlebilmektedir [11].

Kesme sıvılarının geri dönüşümü konusunu açıklamak amacıyla “FV Tam Akışlı Metal Kesme Sıvısı Arıtma Sistemi”, endüstride kullanılan uygulamalara bir örnek olarak verilebilir. Şekil 11’de şematik olarak gösterilen vakum filtre (süzgeç) sistemi, metal işlemede kullanılan kesme sıvıları veya parça yıkama gibi benzer işlemlerde kullanılan akışkanların (emülgatör veya yağ) içerisinde karışmış olan katı partiküllerin giderilmesi için ekonomik bir çözüm olarak kullanılmaktadır [12].

Bu sistemin işlevi maddeler halinde şu şekilde özetlenebilir:

- Kirlenmiş kesme sıvısı talaşın çöktüğü filtre (süzgeç) tankının içine boşaltılır.
- Filtre tankının tabanı, sağlam ve geçirgen paneller vasıtasıyla vakum tankından ayrılır.
- Panellerin üst kısmında bir adet kazıyıcı konveyör mevcuttur. Filtre elemanı paneller ile kazıyıcı konveyör arasında hareket eder.
- Filtre/sistem pompası bir vakum yaratır ve sıvıyı filtre elemanı üzerinden vakum tankına yönlendirir.
- Vakum tankındaki temiz sıvı makinelere ve temiz tanka beslenir.
- Filtre elemanı üzerinde birikmiş katı madde oluşumu sonucunda vakum artar ve önceden belirlenmiş vakuma ulaşıncaya otomatik endeks döngüsü (filtre elemanının ilerlemesi) başlatılır.
- Endeksleme sırasında vakum kesme valfi açılır ve konveyör hem filtre elemanını hem de biriken talaşı filtre boşaltım noktasına taşır.
- Makineye sürekli akış sağlanması amacıyla, vakum kesme valfi endeksleme döngüsünün sonunda kapanana kadar temiz tanktan sıvı çekilir.

Bu sistem; basit yapılı olduğu için bakım kolaylığı, filtre pompası sistem pompası

olduğu için düşük enerji sarfıyatı, yüksek akış hızları ve küçük alan kullanımı gibi avantajlara sahiptir [12].

Ayrıca, tezgah depolarındaki kesme sıvısını temizlemek için tasarlanmış daha basit seyyar arabalı temizleme araçları da mevcuttur. Bu araçların giriş ve çıkış hortumları tezgahların kullanılmış kesme sıvısı deposunun içerisinde bir müddet çalıştırılarak depo içerisindeki talaşların temizleme işlemi de yapılır. Bu araçlar depoya kesme sıvısı takviyesi yapabildiği gibi, depoyu tamamen boşaltma işleminde de kullanılırlar. Şekil 12’de endüstride bu amaçla kullanılan seyyar arabalı bir temizleme aracının görseli verilmiştir.

Kesme sıvısı vakum makinası CNC takım tezgahlarındaki kesme sıvısı ve metal talaşların hızlı bir biçimde toplanmasını sağlayarak üretime dahil edilmesine yardımcı olur. Vakumlanan kesme sıvısı ve metal talaşlar makine içinde ayrı ayrı haznelerde toplanarak birbirinden ayrıştırılması da sağlanır [13].



Şekil 12. CNC Kesme Sıvısı (Bor Yağı) ve Metal Talaş Vakum Makinesi [13]

3.3 Dönüşümü Mümkün Olmayan, Ömrünü Tamamlamış Kesme Sıvılarının İmhası

Kesme sıvıları değiştirilirken, kullanılmış eski kesme sıvısı tamamen boşaltılmalı, kesme sıvısı hazneleri uygun yöntemle temizlenmeli ve atıkların geri dönüşümü mümkün değilse, gerektiği gibi atılmalıdır. Kesme sıvısı atıklarının atılma işleminde şu yol takip edilir:

Atık kesme sıvısı yapılan işlem sonucunda yağ ve su olarak ayrıştırılır. Emülsiyonları ayrıştırmak için demir sülfat, tuzlar ve bazı durumlarda güçlü asitler kullanılır. Asitlerin kullanılması halinde, su kanalizasyon şebekesine gönderilmeden önce nötr hale getirilir. Ayrıştırılan yağ, geri dönüşü mümkün olmayan türde ve ölçüde kirlendiğinden



de atık saf yağlarda olduğu gibi özel fırınlarda yakılırlar. Atık kesme sıvısının imhası ekonomik olmadığı için çoğu işyeri bu tip atıkların imhası için özel kuruluşlardan destek almaktadır [4, 14, 15].

Kesme sıvılarının atık süreci, sıvının bıraktığı izlerin silinmesi için temizleme işlemine sokulması, çevreyi ve çalışanların sağlığını tehlikeye sokabilmektedir. Kesme sıvılarının atölyeden dikkatsiz ve özensiz uzaklaştırılması çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla kesme sıvılarının satın alınması, nakliyesi ve depolanması maliyetine bir de atık yönetimi (atığın ayrıştırılması ve uygun bir şekilde yok edilmesi) maliyetleri eklenince, kesme sıvısı maliyeti ciddi oranda artmaktadır [3]. Dünyadaki mevcut kaynakların kontrollü kullanılması, zararlı atıkların çevreye bırakılmaması ve bırakılan atıkların çevreye zararının minimum hale getirilmesi sürecindeki maliyetler düşünüldüğünde, kesme sıvısı geri dönüşüm faaliyetlerinin önemi anlaşılmaktadır.

4. SONUÇ

Sürdürülebilir üretim, endüstrideki diğer alanlarda olduğu gibi, talaşlı imalat alanında da önem arzeden bir yaklaşım olduğu görülmektedir. Talaşlı imalatta kullanılan kesme sıvılarının geri dönüşümünün sağlanarak yeniden kullanılabilmesi sürdürülebilir üretime bir örnektir. Doğal enerji kaynaklarının tüketimini azaltmaya yönlendiren bu yaklaşım, çevre dostu olmasının yanında, üretim maliyetlerini de olumlu yönde etkileyebilmektedir. Bu sebeple, kesme sıvılarının eko-verimlilik ve çevresel etkileri bakımından, kullanıldıktan sonra artılmasının ve geri dönüşümünün mümkün olması önemlidir.

Kesme sıvılarının bakım işlemlerinde konsantrasyon kontrolü, notralizasyon kontrolü ve bakteri kontrolü gibi çeşitli denetimlerden geçirilerek tekrar kullanılabilirliği test edilmektedir. Bu şekilde, testlerden geçemeyen kesme sıvıları geri dönüşümü mümkünse, geri dönüşüm sürecine tabi tutulmaktadır. Bu durumdaki kesme sıvıları içerdiği katkıları zamanla bozulmuş, bakteri miktarı artmış, içerisine yabancı sıvı atıklar (su, farklı kesme sıvısı, makine yağı vb.) ya da katı atıklar (metal talaşlar, tozlar vb.) karışmış olduğu için özelliklerini kaybedip kullanılamayacak duruma gelir. Bu şartlardaki kesme sıvılarının geri dönüşüm sürecinde dinlendirme ve süzdürme (filtreleme) olmak üzere iki temel yöntem kullanılır. Dinlendirme işleminde kesme sıvısındaki atıkların ayrışmasını hızlandırmak amacıyla manyetik taban plakaları (demir esaslı talaş ve tozlar için), sıyrıncı diskler (yüzeyde biriken yağın alınması için) gibi yardımcı aparatlar kullanılmaktadır. Dinlendirme işleminde temizlenemeyen kesme sıvıları süzdürme işlemine tabi tutulmaktadır. Süzdürme işleminde mekanik süzgeç sistemleri, manyetik süzgeç sistemleri ve santrifüj süzgeç sistemleri kullanılabilir. Endüstride bu sistemleri ihtiva eden gelişmiş kesme sıvısı arıtma sistemleri kullanıldığı gibi, daha basit seyyar araba formunda arıtma sistemleri de kullanılmaktadır.

Talaşlı imalatta kesme sıvısı maliyetinin toplam üretim maliyeti içerisinde %7 -17 oranında bir paya sahip olduğu dikkate alındığında, kesme sıvısı maliyetinin talaşlı



üretimdeki önemi anlaşılmaktadır. %17'lere varan bu dilim sadece kesme sıvısı temini değil, depolanması, artılması ve ömrünü tamamlamış kesme sıvılarının çevre kirliliğine etkisini minimum seviyelere indirmek için çeşitli işlemlerden geçirmek suretiyle atığının yok edilmesi safhalarını da içermektedir. Dolayısıyla kesme sıvılarının geri dönüşüm işlemleri, yeni tedarik sürecini asgari seviyelere düşürüp doğal kaynakların tüketimini azaltmakla kalmayıp, atık yok etme maliyetleri açısından sürecin daha ekonomik ve çevre dostu olmasına imkan sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

1. **Jawair, S., Wanigarathne, P. C., Wang, X.** 2006. "Product Design and Manufacturing Processes for Sustainability," In *Mechanical Engineer's Handbook: Manufacturing and Management*, vol. 3, Editor: Myer Kutz, DOI: 10.1002/0471777463.fmatter, John Wiley&Sons, New York, p. 414-439.
2. **Helmi, A., Youssef, H. El-H.** 2008. *Machining Technology: Machine Tool and Operation*, ISBN 9781420043396, CRC Press, London-New York, p. 495-524.
3. **Yıldırım, Y.** 2011. "Sürdürülebilir Üretim," *Mühendis ve Makina*, cilt 52, sayı 613, s. 27-29.
4. **Demir, H., Ulaş, H. B., Zeyveli, M.** 2009. "Talaşlı Üretimde Kullanılan Kesme Sıvılarından İstenen Özellikler," 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS 09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
5. **Şahin, Y.** 2000. *Talas Kaldırma Prensipleri II*, Nobel Yayın Dağıtım LTD. ŞTİ., Ankara.
6. **Stephenson, D. A., Agapiou, J. S.** 2006. *Metal Cutting Theory and Practice*, CRC Taylor and Francis Group, USA.
7. **Dhar, N. R., Ahmed, N. T., Islam, S.** 2007. "An Experimental Investigation on Effect of Minimum Quantity Lubrication in Machining," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 47 (5), p. 748-753.
8. **Dhar, N. R., Kamruzzaman, M., Ahmed, M.** 2006. "Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Tool Wear and Surface Roughness in Turning AISI-4340 Steel," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 172, p. 299-304.
9. **Autret, R., Liang, S. Y.** 2003. "Minimum Quantity Lubrication in Finish Hardturning," <http://hardingeus.com/usr/pdf/hardturn/LIANG3.PDF>, son erişim tarihi: 17.12.2008.
10. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. 2012. *Metal Sektörü Rehber Dökümanı: Türkiye'de Sanayiden Kaynaklı Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi*.
11. **Kavuncu, İ.** 1975. *Metal İşlemede Kesme Yağları*, Yayın No: 96, TMMOB, s. 100-113.
12. <http://www.nederman.com.tr/problems-we-solve/production-ecycling/coolant-and-cutting-fluid>, son erişim tarihi: 05.07.2016.
13. <http://www.durallar.com/?pnum=491&pt=Ya%C4%9F+Tala%C5%9F+Emme+Makinalar%C4%B1>, son erişim tarihi: 26.08.2016.
14. **Çakır, M. C.** 2000. *Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri*, Vipaş Yayınları, Bursa, s. 449-464.
15. **Sandvik, K.** 1997. *Modern Metal Cutting a Partical Handbook*, Co. Inc., Sweden.