

# CNC TEZGAHLARDA YÜKSEK HIZDA TALAŞLI İMALAT

## ( High Speed Machining)

Bülent KALAYCIOĞLU

ALTAR Teknoloji Ltd. Şti.

Yüksek Hızda Talaşlı İmalat, Havacılık /Uzay sanayi , Otomotiv ve Kalıpcılık konularında CNC tezgahlarda parça işleyen firmalarda kullanılmaya başlanan yeni bir işleme yöntemidir. Bu yöntem genel anlamda yüksek devir ve ilerlemelerde, düşük kesme pasosu ile küçük takımlar kullanılarak yapılan kesme işlemidir.

Bu işlem, az sayıda paso ve büyük takımlar ile yavaş ve daha fazla talaş kaldırılarak yapılan kesme işlemi ile yer değiştirmeye başlamıştır. Yüksek hızda talaşlı imalat teknolojisinde kaldırılan talaş miktarı az olmasına rağmen genel ortalamada parçanın işleme süresi % 30 daha az olmakta ve hatta bazı durumlarda polisaj işlemine bile gerek kalmadan CNC tezgahtan çıkan parça kullanıma hazır hale gelmektedir. Yüksek devir ve yüksek hızla işleme düşüncesindeki değerler, genel anlamda kesici takım imalatçıların, kesici takımlar için verdikleri devir ve ilerleme tablolarından ağaç malzeme için olan değerlerin çelik malzemeler için uygulanması olarak düşünülebilir.

Yüksek Hızda işleme yapılabilmesi için gerekli şartlar olan CNC tezgahın mekanik yapısı, CNC kontrol sistemi, CAM sistemi , DNC sistemi ve kullanılacak kesici takımın belirli şartları sağlaması ile gerçekleştirilebilir.

High Speed CNC tezgahların kontrol sisteminin performansı genellikle program datasının bir bloğunu, işleme alabilme yani tezgahta harekete dönüştürme süresi olarak ölçülür. Standart ivmesi  $1m/s^2$  bir CNC tezgahta bir satır bloğun işleme alınma süresi 10 milisaniye olduğu zaman 5-10 mikron tolerans bandı içinde kalarak doğru kordinatlarda pozisyonlama yapabilmesini gerektirir. Ancak yüksek hızda işleme yapabilen yeni nesil CNC tezgahlarda ivmelenme değerleri 3 veya 4 katına çıkabilmektedir. Bu durumda tezgahın bir satır bloğunu işleme süresi 4 milisaniyeye kadar düşmesi ile aynı toleranslarda parça işlenmesini sağlayabilmesi gerekir.

Bütün bu işlemler ile beraber High Speed CNC tezgahlarda kontrol sisteminin işlenen blok satırının çok ötesindeki satırları daha önceden okuyup yorumlaması gerekmektedir. Bu sayede tezgah hareketlerinin kesintisiz olması sağlanır. Aksi

taktirde çok küçük süreli de olsa meydana gelebilecek olan hareket kesintilerinde yüzey üzerinde pürüzler oluşması engellenemez..

Yukarıda belirtilen hızlarda metal kesme işlemlerinde tezgah mili (spindle) , eksen sürücü motorları, feedback sensorleri, kontrol ünitesi, kesici takım, soğutma sıvısı, tezgah rijitliği gibi tüm etkenlerin bir sinerji oluşturarak, kesici takım üzerine gelen kesme kuvvetleri, işleme süresi azalır, takım ömrü artar,yüzey kalitesi ayrıca bir finiş işlemine gerek kalmayacak kadar düzgün olarak elde edilir.

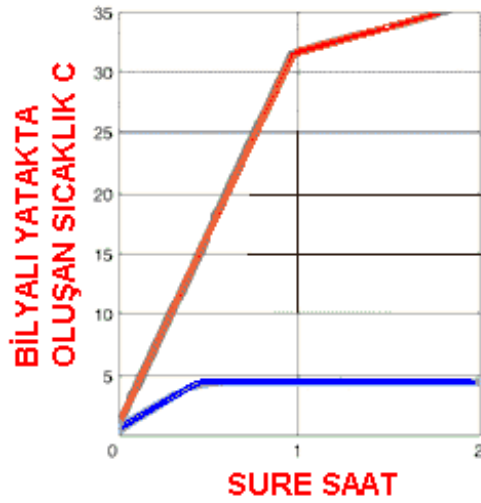
Kalıp ve model işleme yöntemlerinde yüksek hızda işleme yapılacağı zaman, programlanan kesici takım yolları üzerinde ani yön değiştirmeler tezgah üzerinde aşırı yüklenmelere ve dolayısı ile işlenecek parçanın ölçü toleransların dışına çıkmasına sebep olabilir. Bu gibi durumlarda yüksek hızda işlemede farklı yöntemler ile bu sorunlar giderilmeye çalışılmalıdır. Bu yöntemlerden bir tanesi, CNC kontrol sistemi halen işlenmekte olan program bloğundan daha sonraki blokları kontrol eder ( look-ahead) ve bu bloklarda keskin dönüş hareketleri var ise bu bloklara gelmeden önce kademeli olarak ilerlemelerde düşmeler sağlayarak servo sisteme kendini ayarlayabilmesi için yeterli zaman sağlar. Bu tip kontrol sistemleri (look-ahead) olmayan tezgahlarda verilebilecek en yüksek ilerlemelerin 2000 mm/dak yı geçmemesi tavsiye edilir. Aksi taktirde işlenecek parçada gerekli ölçü hassasiyeti sağlamak mümkün olamayacaktır. Ayrıca yeni nesil CNC tezgahlarda B-spline eğrileri formunda program yazılabilme özelliklerinden dolayı CAM sistemleri ( EdgeCAM, NCL gibi ) kullanılarak oluşturulan CNC programlarda lineer ve dairesel hareketlere ilaveten, eğri formatında hareketleri temsil eden kodlar ile keskin takım yolu hareketleri minimize edilerek, kesici takım üzerine gelen yükler ve tezgahın keskin dönüş hareketlerini azaltmak mümkün olmaktadır.

High Speed CNC lerde normal CNC tezgahlara göre ısı yükselmesi ve titreşimlerin daha fazla olması beklenir. Dolayısı ile High Speed CNC tezgahların mekanik olarak yapısının farklı olması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır .

CNC tezgahların hareket sistemi bilindiği gibi bilyalı yataklar ile sağlanmaktadır. CNC tezgahlarda kullanılan bilyalı yataklar şekilde görüleceği gibi farklı çap ve adımda imal edilmektedir. Çap ve adımdaki farklılık döme hızı, tork ve eksen motorunun gücü ve bütün bunlar sayesinde tezgah tablasının istenilen ilerleme değerlerinde ilerlemesi ve aksenel itme kuvvetini belirler. Büyük adımlı bilyalı yatakta, küçük adımlı bilyalı yatağa göre aynı mesafeyi gidebilmek için eksen motorunun daha az dönmesi ancak daha güçlü bir motor kullanılması gerekir. Dönme sayısının artması yataklarda daha fazla sürtünme meydana getireceğinden sürtünmeden doğan bir ısı birikimi ortaya çıkar. Oluşan ısı birikimi ise tezgah yataklarında istenmeyen bir genişlemeye sebep olur.

Yapılan denemelerde, 500 mm boyundaki bir bilyalı yatakta 1° C lik sıcaklık yükselmesi 0.006 mm lik genişmeye sebep olmaktadır. Genleşmeden meydana gelen pozisyonlama hatası ise CNC tezgahlarda istenilmeyen bir durumdur. Bilyalı yataklarda oluşan ısının alınabilmesi için, yeni teknoloji bilyalı yataklara delik delinerek, deliklerin içerisinden Ethylin-Glycol soğutucu maddesi dolaştırılmaktadır. Bu sayede hızlı hareketlerden kaynaklanan ısı alınarak yataklarda oluşabilecek genişme azaltılmaktadır.

Aşağıdaki grafikte 40 mm çapındaki bir bilyalı yatakta 10m/dak ilerleme ile 500m lik hareket sonunda soğutma sistemi kullanan bir yatak ile kullanılmayan yatak arasındaki sıcaklık yükselmesindeki fark verilmiştir.



Tezgah pozisyonlama hassasiyetinin sağlanabilmesi için ayrıca CNC tezgahın lineer ölçeğininde sıcaklık ve çevre şartlarından korunması gerekmektedir. Bilindiği gibi lineer ölçek tezgahın bilyalı yataklarının alt kısmına yerleştirilmektedir. Yüksek hızdaki hareketlerde bilyalı yataklarda oluşan ısının lineer ölçeğe transfer edilmesi hatalı pozisyonlamaya sebep olur. Lineer ölçekteki ısınma probleminin giderilmesi için lineer ölçek ile bilyalı yatak arasında ısı transferini engelleyen malzemelerin kullanılmasını gerektirir. Lineer ölçeklerde meydana gelebilecek hataların ortadan kaldırılması için çok yeni ve pahalı bir yöntem olan Laser Dopler ölçekleri kullanılmaktadır. Bu yöntemde pozisyonlama hareketlerinin ölçülmesi ve geri beslemesi lazer ile yapılmaktadır. Laser Dopler yöntemi sayesinde maksimum pozisyonlama hassasiyetini sağlamak mümkün olmaktadır ancak pahalı bir yöntem olmasından dolayı kullanımı pek yaygın değildir.

Yüksek hızda işlemede tezgah üzerinde dikkat edilmesi gereken diğer bir etkende tezgah milinin( Spindle) yüksek devirlerde dönmesinden kaynaklanan problemlerdir. Devir sayısı 12,000 dev/dak üzerinde çıktığı zaman, tezgah milinde meydana gelecek sürtünmeleri azaltabilmek, hafiflik, dayanıklılığı artırmak, ataleti azaltmak için seramik ( Silicon-Nitrit) ve çelik karışımı rulmanlı yataklar kullanılmaya başlanmıştır. Bu tip yatakların çelik rulmanlı yataklara göre elastisite modulüde oldukça yüksektir ( 31400 Mpa ) Tezgah milli yataklarında seramik bilyalar kullanıldığında % 20 ila 50 arasında daha fazla devir sayılarına çıkılması mümkün olamakta ve eğer seramik yataklarda doğru seçim ve doğru tasarım yapılabilir ise seramik yatakların ömrü çelik olanlara göre daha uzun olabilmektedir.

Seramik rulmanlı yataklarda yağlama olarak geleneksel yağlama yöntemleri kullanılabilir. Ancak Fadal tezgahlarında seramik yataklı tezgah milinin yağlanmasında hava yağ karışımı bir yağlama yapılmakta ve bu yöntemde hava akımı içerisinde 25 dakikada 0.025 cc yi geçmeyecek miktarda yağ enjekte edilerek yağlama yapılmaktadır.

Yüksek hızda talaşlı imalata tezgah milinde hava boşluğu üzerinde veya manyetik alan üzerinde sürtünmesiz olarak hareket eden yataklarında kullanılabilmesi mümkündür ancak bu tip yataklar küçük çaplı kesici takımlar ile düşük yükteki kesmelerde sadece verim sağlayabilmektedir.

Yüksek hızda talaşlı imalat yapabilen tezgahlarda karşılaşılan en önemli sorunlardan bir diğeri ise tezgahta oluşan vibrasyonlardır. Vibrasyonların minimize edebilmesi için tezgahın parçalarının imalatı sırasında ölçü toleranslarının, konvansiyonel CNC lere göre daha yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca High Speed CNC tezgah kurulumu esnasında tezgah balansının doğru yapılmaması yüksek hızlı hareketlerde vibrasyon oluşmasını sağlar. Bu sebeplerden dolayı pahalı olan High Speed CNC lerin kurulumunda konvansiyonel CNC lere göre daha fazla özen gösterilmesi gerekmektedir.

Yüksek hızda talaşlı imalatta kesici takımlar normal kesme işlemlerine göre daha hızlı aşınacaktır. Bu tip aşınmaların ölçü hassasiyeti üzerinde yapacağı olumsuz etkilerden dolayı yüksek hızda işlemlerde kesici takım seçerken 40RC nin altındaki malzemelerde TiN (titanyum-nitrit) ve TiCN (titanyum-karbon-nitrit) ve 40 RC üzerindeki sertlikte malzemelerde TiAlN (titanyum-aluminyum-nitrit) kaplanmış kesici takımların kullanılması tavsiye edilmektedir.

Ancak TiAlN kaplanmış kesici takımlar diğer takımlara göre 8 kat daha pahalıdır, fakat genel ortalamada ömür ve tezgah saati olarak diğer takımlara göre daha verimli olmaktadır.

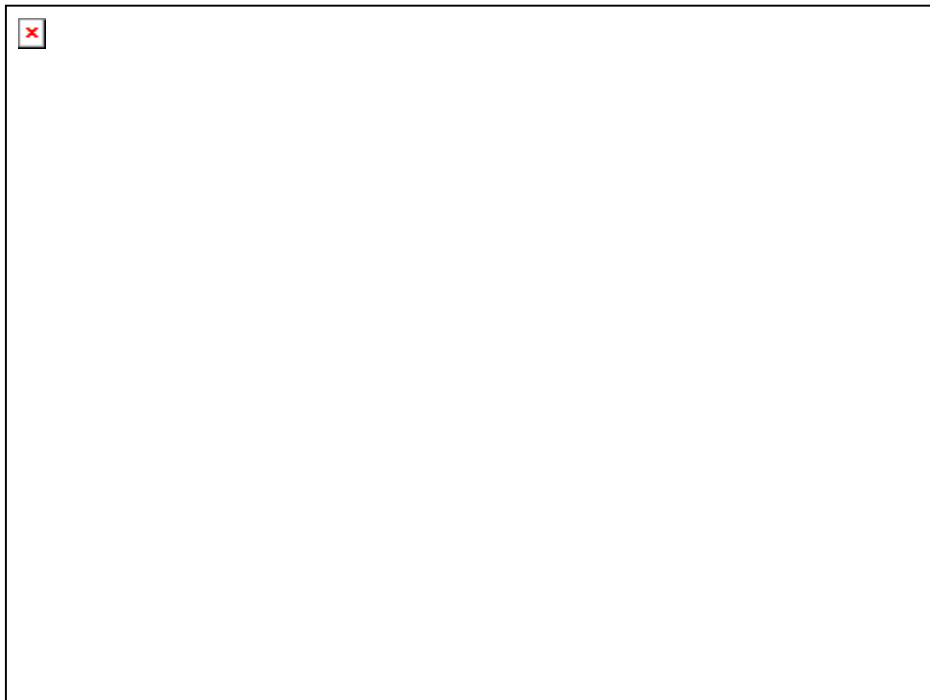
Kesici takımın uygun olması ile beraber kesici takım tutucusunun da yüksek devirlerde dönüşler için uygun şekilde balansının yapılması gerekir.



Yandaki örnekteki parçanın işlenmesi yüksek hızda talaşlı imalat yöntemi ile 1.5 mm küresel uçlu kesici takım kullanılarak 2 saate bitirilmiştir. Konvansiyonel CNC yöntemleri ile yapıldığında ise 8 saat sürmüştür.

Yüksek hızda işlemede, kaba boşaltmada çok pasoda küçük

adımlarda 0.025 mm(stepover) pozitif boşluk açılı ( rake angle) küçük takımlar ile işleme stratejisi geliştirildiğinde yüzey üzerinde 0.001 mm pürüzlülük (cusp) oluşmaktadır bu ise hassas işleme gerektirmeyecek kadar düzgün yüzeylerin elde edilmesi sağlar.



High Speed CNC tezgahta işleme yapılabilmesi için bir CAM yazılımının kullanılması zorunluluktur. Günümüzdeki CAM ( örnek EdgeCAM ) sistemleri yüksek hızda işleme için Constant-Z level Machining, Climb Cut, NURB output , Cusp Height Control gibi işleme stratejileri geliştirmişlerdir. Bu stratejiler sayesinde yüksek hızda işlemede gereken CNC programlar CAM sistemi tarafından yazılmaktadır ancak bu yöntemler kullanıldığı zaman ortaya çıkan CNC programın yüz binlerce satır seviyelerine çıkacağı kesindir. Bu durumda CNC programın tezgaha yüklenmesinde CNC kontrol sistemine ait yüksek data kapasiteli sabit disk yok ise sorunlar yaşamamız muhtemeldir. Bu durumda programın tezgaha yüklenmesi drip feed denilen yöntem ile PC nin seri portu ile tezgahın RS232 veya RS422 portları arasında yapılan kablo bağlantısı ile, program kontrol sistemine bir taraftan yüklenirken diğer taraftan işleme devam eder ve işlenen satırlar kontrol sistemi tarafından silinir. Ancak bu yöntemde kullanılan bilgisayar ile tezgah arasında veri iletişim hızının ( Baud Rate) kontrol sisteminin program satırlarını işleme ve look-ahead süresinden yavaş olmaması gerekir.

Yeni jenerasyon CNC tezgahlarda bu problem tezgah üzerine takılan Ethernet kartı ile çözümlenmiştir. Bu yöntemde CNC programın bulunduğu PC ile Tezgah arasına Ethernet kartı ile bir ağ bağlantısı yapılır. Böylece veri iletişim hızı 10-100 Mbit seviyelerine ulaşabilir.

Bütün bu anlatıklarımıza göre yüksek hızda işleme teknolojisine geçilebilmesi için belirlenen Tezgah, Kontrol Sistemi, Kesici Takım, CAM ve DNC gibi şartlar yerine getirilebilir ise yüksek hızda işleme teknolojisinden fayda sağlamak mümkün olmaktadır. Aksi taktirde sadece yüksek devirlerde ve yüksek hızlarda çalışma ile uygun sonuçlara ulaşmak mümkün olmayabilir hatta tezgah arızalarına ve kesici takım ömrünün azalmasına sebep olunabilir.

Yüksek hızda işleme teknolojisne geçilmesi düşünülüyor ise öncelikle High Speed CNC tezgahın satın alınması ardından uygun CAM sisteminin seçilmesi gerekir.