

OPTİK ÖLÇME YÖNTEMLERİNİN SAC VE PLASTİK PARÇALARIN İMALATINDAKİ SAYISALLAŞTIRMA TERSİNE MÜHENDİSLİK VE MUAYENE PROSESLERİ YÖNÜNDEN SAĞLADIĞI YARARLAR

Burak Veli GÖRÜR¹, Anıl AKDOĞAN⁽¹⁾, Mehmet Emin YURCİ⁽²⁾

1 Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı

2 Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Malzemesi ve İmalat Teknolojisi Anabilim Dalı

GİRİŞ

Endüstrinin artan ihtiyaçlarını karşılamak üzere, 3D ölçme tekniklerine olan ilgi ve işletmelerin bu konudaki yatırımları giderek artmaktadır. Gerek mühendislik uygulamaları ve imalat prosesleri gerekse endüstriyel tasarım ve ürün geliştirme faaliyetleri hızlı, hassas ve kullanıcı dostu ölçme sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Özellikle dijital görüntüleme teknikleri sayesinde iş parçasına ait nokta verilerinin tek tek toplanması ile imalat toleranslarını doğrulama, yeniden imal edilecek parçalar için geometri belirleme ve deformasyon problemleri görüntüleme gibi pek çok tersine mühendislik ve muayene işlemleri mümkün olmaktadır (1).

Günümüz CAD/CAM uygulamalarında çoğunlukla bilgisayar ile oluşturulan üç boyutlu modelden hareket edilerek uygun CNC veri oluşturulması yoluyla imalat aşamasına geçilmektedir. Buna alternatif bir uygulama olarak "tersine mühendislik" diye tanımlanan yöntem de mevcuttur. Esasen bu yöntemi genel anlamı ile ele aldığımızda, elde mevcut olan mamul parçadan hareketle ve imalat prosesindeki işlem sırasında geriye doğru gidilmek suretiyle, operasyonların tümünün çözümlenmesine yönelik çalışmaların bütünü olarak görmek gerekmektedir. Ancak, sanayimiz için yeni sayılabilecek bu terim, uygulamalarda anlam itibarıyla biraz kısıtlanarak elde bulunan bir modeli bir tarayıcı ile taramak suretiyle oluşan verilerin uygun şekilde düzeltilip yüzey haline getirilmesinden sonra CNC tezgahta işlemek için uygun forma sokulma işlemi için kullanılmaktadır (2).

SAYISALLAŞTIRMA ve TERSİNE MÜHENDİSLİK

Üç boyutlu sayısallaştırma işlemi, var olan fiziksel bir objenin üç boyutlu bilgisayar modelini elde etme yöntemidir. Objeden elde edilen ve henüz işlenmemiş olan bu bilgi, tersine mühendislik yazılımları ve uygulamaları sayesinde ürün geliştirme sürecinin ilerideki aşamaları için kullanılabilir hale getirilmektedir. (2)

Tersine mühendislik, 3D sayısallaştırma tekniklerini uygulamak suretiyle bir iş parçasına ait nokta bulutu verilerinin toplanmasına ve dolayısıyla CAD modelinin yaratılmasına olanak tanımaktadır. Günümüzde, özellikle imalat proseslerinde karşımıza çıkan problemlerin analizinde, tersine mühendislik uygulamalarına yaygın olarak yer verilmektedir. Ayrıca, tasarımların modifikasyonu ve yeniden gerçekleştirilmesi amacıyla, iş parçasının orijinal CAD modeli ile ölçülen iş parçasının yaratılan CAD verisi karşılaştırılmaktadır (3). Orijinal

CAD verisi ile bu veriye bağılı olarak imal edilmiş parçanın 3D sayısallaştırma verisinin karşılaştırıldığı kalite kontrol uygulamalarına da sıkça rastlanmaktadır. Karmaşık geometriye sahip bir parçanın 3D CAD verisi çok hızlı ve hassas bir şekilde elde edildikten sonra yazılımın ilgili modülleri kullanılarak taranan parçanın tasarımı parametrik olarak yeniden yapılabileceği gibi herhangi bir tasarım değişikliğine de gidilebilmektedir.(2)

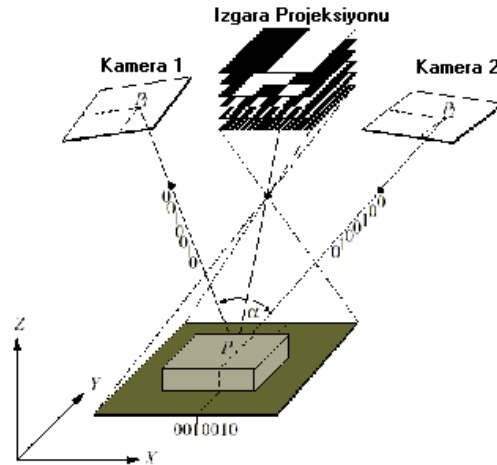
OPTİK ÖLÇME METODLARI ve SAYISALLAŞTIRMA



Şekil 1. Sayısallaştırma Yöntemlerinin Sınıflandırılması

Optik 3D sayısallaştırma işlemleri, genellikle var olan bir objenin 3D modelini yaratmak, objeyi çok küçük detaylarına kadar modellemek ve gerçek yapıyı 3D modeliyle ilişkili olarak haritalamak gibi amaçlar için uygun düşmektedir.

İş parçalarından sayısal veri toplamak amacıyla uygulanan teknikler dokunmasız ve dokunmalı metotlar olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Dokunmasız metotlardan ızgara projeksiyonu ve lazer ölçme metodu en çok kullanılan optik veri toplama teknikleri olarak tanınmaktadır. (Şekil 1)



Şekil 2. Izgara Projeksiyonu

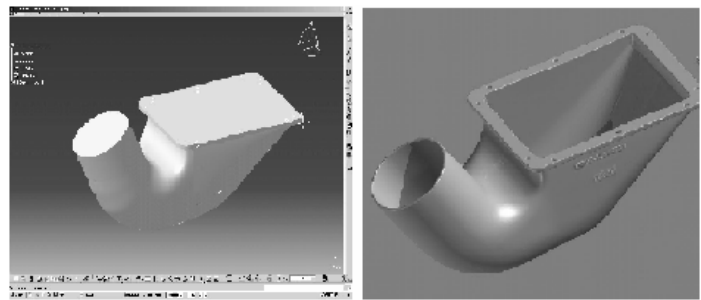
Izgara projeksiyonu metodu, siyah ve beyaz şeritler halindeki desenlerin ölçülecek yüzey üzerine bir sıra halinde projeksiyonu temeline dayanmaktadır. Bu desenler, bir LCD projektör vasıtasıyla mümkün olduğunca eşit iki parçaya bölünen siyah ve beyaz çizgilerden oluşmaktadır (3) (Şekil 2).

3D Sayısallaştırma çözümlerinde, iş parçalarının yüksek çözünürlükteki CCD kameralar vasıtasıyla çeşitli açılardan elde edilen görüntüleri gelişmiş fotogrametri tekniklerini kullanan özel bir yazılım ile IGES ve STL gibi üç boyutlu standart veri formatlarına dönüştürülmektedir. Bu sistemler, yüksek hassasiyeti, kullanım kolaylığı ve hızı ile dünya çapında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (2).

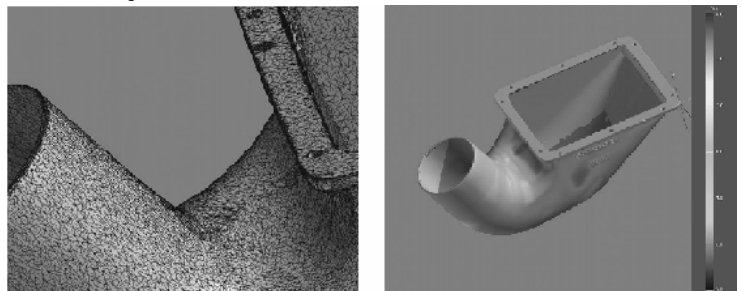
CCD kameralar bir video kamera türüdür. Film yerine, lensler arkasına ışık yoğunluğunu elektronik sinyallere dönüştüren ve bunu direkt bilgisayara transfer edebilen bir CCD (Charge Coupled Device) chip yerleştirilmiş bulunmaktadır. CCD kamera, küçüklüğü, hassasiyeti, sabitliği, düşük fiyatı ve uzun servis yaşamıyla tercih gören bir donatımdır (4).

Basit bir kullanım özelliğine sahip olan optik ölçme sistemleri, az yer kaplamakta ve ölçme kafası ile birlikte oturaklı bir yapı şekli göstermektedir. Yalnızca saniyeler süren bir tarama işleminin ardından hassas bir veri kalitesi elde edilebilmektedir. Özellikle son zamanlarda sağlanan gelişmeler sayesinde, söz konusu hassasiyet derecesi giderek artış göstermektedir. Elde edilen tarama verisi bütünüyle ve verimli olarak işlenebilmektedir. Her bir ölçüm işleminin sonunda, veri bütünlüğü açısından geri besleme alınabilmekte ve geometrik özellik (feature) tespiti gerçekleştirilebilmektedir. Online görüntüleme yapılmak suretiyle çekim sırasında parça veya kameranın titremesinden oluşan hatalar anında tespit edilerek yazılım tarafından ölçümün tekrarlanması tavsiye edilmektedir (5).

Yapılan ızgara projeksiyonu uygulamasında, elde edilen sayısallaştırma verisi, iş parçasının daha önceden çizilmiş CAD verisi, nokta bulutunun mesh edilmiş hali ve renkli doku haritasının gösterildiği görüntüler Şekil 3' te verilmektedir.



Şekil 3-a Parça CAD Verisi ile Ölçüm Verisinin Görüntüleri

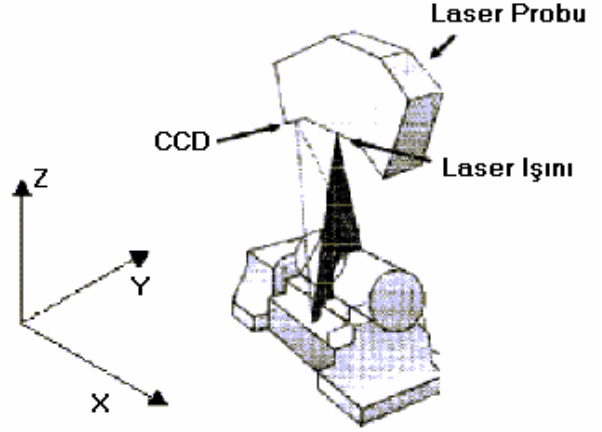


Şekil 3-b Parçanın Mesh Edilmiş Görüntüsü ve Renkli Doku Haritası

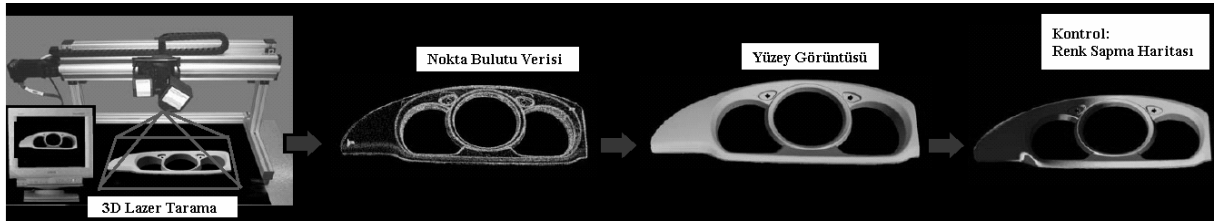
Dokunmasız Laser tarama metodu, laser triangulasyonu prosesi ile çalışmaktadır. Bu proseste, laser çizgisi sayısallaştırılacak yüzey üzerine laser kafasından yaklaşık 2 ½ inç uzunluğunda projekte edilmektedir.

CCD kameraları, laserden belli uzaklıkta olan parça üzerinden yansıyan laser ışınının ışığını yakalamaktadır. Laser çizgisinin X,Y,Z koordinatları trigonometrik olarak hesaplanabilmektedir.

Kullanılan sensöre ve yazılım ayarlarına bağlı olarak, 650' den fazla ve birbirinden bağımsız veri noktası tek bir laser çizgisinde toplanabilmektedir. Taranmış obje bundan böyle, birkaç yüz noktadan milyonlarca noktaya varan ve genellikle nokta bulutu olarak tarif edilen söz konusu veri noktaları ile temsil edilmektedir.



Şekil 4. Laser Tarama Mekanizmasının Şematik Görünümü



Şekil 5. Laser Sayısallaştırma Yöntemi

Parça üzerinde taranan noktaların sayısı, parçanın büyüklüğüne ve detaylarına bağlıdır. Çok detaylı parçaları tarif etmek için daha fazla noktaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Laser tarama teknikleri geleneksel tekniklerden daha hızlı veri toplayarak sayısallaştırma proseslerini kısaltmaktadır. Lazerle tarama, kosinüs hatalarından, mekanik prob ofsetlerinden ve prob büyüklüğü ile şeklinden doğan sorunları elimine etmektedir.

Laser ile tarama yapmanın birinci avantajı, prosesin dokunmasız, hızlı ve koordinat lokasyonlarının direkt olarak taranan obje geometrisi üzerine düşen ışıktan alınması olayıdır. Bu özellik, hassas ve kırılabilir parçaların ölçülmesi ve özellikle taranan koordinat lokasyonlarının, yüzey koordinatları boyunca spline eğrileri veya yüzey oluşturmada, CAD/CAM uygulamaları için kullanışlı olmasını sağlamaktadır (7).

Laser ışığının yüksek çözünürlüğü ve ince ışını sayesinde, aynı zamanda, mekanik problemlerin gidemeyeceği detaylı yüzey geometrilerinden istenilen hassasiyette veri alınması sağlanmaktadır. Bu sebeple, otomotiv, uzay, tıp, spor ekipmanları ile oyuncak, elektronik ve mücevher sanayiinde sıkça kullanılmaktadır.

SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Tüm laser tarama tekniklerinde, ışık kaynağı olarak birer laser ışını kullanılmaktadır. Ancak, bu tür ışık kaynakları bazı objeleri sayısallaştırmada her zaman için uygun düşmemektedir. Projeksiyon metodunda ise, ışık kaynağı olarak kesinlikle güvenli olan sıradan halojen beyaz ışık kullanılmaktadır.

Laser tarama teknikleri kullanılarak elde edilen ilk veri bir nokta veya bölge profili olabilmektedir. Bir nesnenin tüm yüzeyini kaplamak için mekanik ve optik tarayıcılar birlikte kullanılabilir. Bu ardışık veri toplama yönteminde genelde düşük veri toplama hızları söz konusudur.

3D sayısallaştırma tekniğinde, ışık projeksiyonu ile saniyede 300.000 (1 milyona kadar çıkabilir) nokta verisinin elde edilmesini sağlayan paralel veri toplama tekniği uygulanmaktadır.

Laser, yoğunlaştırılmış tek renkli ışık kaynağıdır. Laser tarama tekniği benekler (speckle) yüzünden problem oluşturmaktadır. Benekler, hatalı verinin ana kaynağı olup laser kaynağına rastgele karışmasıyla problemlere neden olmaktadır. Bunlara ilaveten, tek bir laser kaynağı kullanılarak renkli doku verisinin yaratılması olanaksızdır. Laser tarama tekniğinde ikinci bir kamera kullanılmasının nedeni, söz konusu renkli doku verisinin yaratılma isteğine dayanmaktadır.

Izgara projeksiyonu 3D sayısallaştırma metodunda, 3D geometrik ve renkli doku verisi için tek bir kamera kullanılmaktadır. Buradaki çift kameralı veri toplama metodu, doğru bir şekilde 3D geometrisiyle ilişkili renkli doku haritasını oluşturmayı mümkün kılmaktadır.

Optik ölçme gözönüne alındığında, çözünürlük ve tamlık arasındaki farkın tanımlanması gerekmektedir. Çözünürlük, sensörün algılayabildiği mesafedeki en küçük değişiktir. Tamlık ise, taranan objenin optik kalitesinin fonksiyonudur. Eğer obje mat bir yüzeye sahipse, tamlık ve çözünürlük hemen hemen aynı olacaktır. Eğer obje parlak bir yüzeye sahipse, laser ışını CCD üzerinde parlayıp titreme oluşturmaktadır. Bu da, günümüzde, laser verisinde kullanılan gelişmiş yazılımlarla artık filtre edilebilmekte ve oluşan parazitler azaltılabilmektedir. Diğer taraftan parça ışığı absorbe eden çok koyu renkte bir yüzeye de sahip olabilir. Bu durumda, sensöre yeterli miktarda ışık dönemeyecektir. Anılan dezavantajın ortadan kaldırılması için tarama işlemlerinden önce, objelerin yüzeyleri sprey boyalarla açık gri tonlarda ve ince tabakalar halinde boyanmalıdır (7).

İmalat sırasındaki muayene işlemleri gözönüne alındığında, optik ölçme cihazları için zaman döngüsünün kısa ve dolayısıyla işlemin hızlı olmasından dolayı imalat hatlarındaki on-line ölçümler için kullanılmaktadır. Optik ölçme cihazları ile kaporta tetkiklerinde, parça yüzeyinin tümü taranmakta; böylelikle alt ve ana montaj işlemleri daha başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bununla birlikte, halen sanayimizde gerçekleştirilen İPK çalışmaları için yaygın bir şekilde CMM'ler kullanılmaktadır. Çünkü bunların ölçme prensibi, alınan vektörel ölçme verisinin sağladığı tamlığa dayanmaktadır. Burada, optik ölçme cihazlarının kullanımından duyulan başlıca kaygı ise, sağlayabilecekleri tamlık ve ölçme tesirleri yönünden olmaktadır.

Tersine mühendislik uygulamaları ile parça geliştirme ve tasarım faaliyetleri yönünden bakıldığında, iş parçalarının kameralar vasıtasıyla görüntülenmesi suretiyle elde edilen sayısal verilerin söz konusu işlemlerde pratik bir şekilde ve başarıyla kullanıldığı görülmektedir. Ancak, sanayimizde bu tür ölçme cihazlarının kullanımı henüz gereken ölçüde yaygınlaşmamıştır.

TEŞEKKÜR

Makalenin hazırlanmasında vermiş oldukları destekten dolayı CADEM A.Ş. ve GOM International AG yetkililerine teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. **Akdoğan, A., Görür, B.V., Yurci, M.E., Durakbaşa, M.N.**, "Comparision of Coordinate Measuring Machines Digitizing Capability and an Optical Digitizer" WEISIC 2003, Proceedings of 4th Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration, University of Miskolc, Hungary, 28-30 May, 2003, pp.261.
2. <http://www.cadem.com.tr/gom/index.html>
3. **Broggiato, G.B., Campana, F., Gerbino, S.**, "Shape deviation Analysis on Sheet-Metal Parts Through Reverse Engineering Techniques", XII ADM International Conference-Italy-Sept. 5th-7th, 2001.
4. <http://www.opton.co.jp/techrep/md/md4/mde4.html>
5. www.gom.com
6. **Gorur, B. V.**, "Kalıpta Biçimlendirilen Sac Parçaların Geometrik Spesifikasyonları ile Biçim ve Boyut Sapmalarının İncelenmesi", YTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tez Danışmanı: Prof M. Emin YURCİ, 2003
7. <http://www.laserdesign.com/specs/documents/faq.pdf>
8. www.apliedprecision.ca