



Kompozit Malzemelerden Üretilen Endüstriyel Robotların Performansı Üzerinde Sıcaklık Etkileri

Alin Ristea ^{1,a} ve Aurel Oprean ^{2,b}

¹ Hareket Kontrol Ürünleri Ar-Ge

Thorlabs Ltd. Ely, Birleşik Krallık

²Takım Tezgahları ve Üretim Sistemleri Bükreş

Politehnica Üniversitesi, Bükreş, Romanya

^aalin.ristea@gmail.com, ^baurel_oprean@yahoo.com

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel Robot; kompozit malzeme; termal etkiler

Özet Endüstriyel Robotların tasarımı, robotların mekanik elemanlarının üretimi için seçilen malzemeler açısından her zaman zorlu bir süreçtir. Bu makale, yapılarında kompozit malzemeler bulunan mekanik elemanlara sahip robotların konumlandırma hassasiyetine sıcaklığın etkileri üzerine teorik bir çalışmadır. Bir SCARA endüstriyel robot yapısı üzerinde bir vaka çalışması yapılmıştır.

Giriş

Kompozit malzemeler, mekanik özellikleri ve yoğunlukları arasındaki iyi oran nedeniyle kullanılmaktadır. Endüstriyel robotikte, robotun mekanik yapısını üretmek için kullanılan malzemelerin elastikiyet modülü ve yoğunluk arasında avantajlı bir orana sahip olması gerekir. Daha düşük yoğunluğa sahip daha sert bir malzeme her zaman tercih edilecektir. Bu doğrudan robotun konumlandırma hassasiyeti ile ilgilidir. Çok sert ve çok hafif bir malzeme, mekanik yapının doğal frekanslarını daha da yukarı kaydıracaktır. Düşük yoğunluk ile robotun mekanik elemanlarının kütlesi azalacak, böylece daha yüksek hız ve ivmelere ulaşma şansı verecektir. Dolayısıyla, endüstriyel bir robotun performansı daha sert ve daha hafif malzemeler seçilerek geliştirilebilir.

Endüstriyel bir robotun tasarım sürecinde, bugünlerde, daha önce bahsedilen tüm nedenler göz önüne alındığında, eğilim kompozit malzemelere doğru kaymaktadır. Ortotropik malzemeler olmaları nedeniyle kompozit malzemelerin getirdiği zorluklar ve ayrıca hassas parçaların üretimindeki zorluklar göz önüne alındığında, bu süreç henüz erken aşamadır. Şu anda, KUKA gibi bazı şirketler kompozit malzemelerden yapılmış parçalara sahip endüstriyel robotlar üretmeye başlamıştır. Bu makalenin amacı, kompozit malzemelerin ortaya çıkaracağı bazı sorunları vurgulamak ve endüstriyel robotun tasarım sürecinden başlayarak dikkate alınması yararlı olacak bazı önerilere yer vermektir.

Karbon Fiber Kompozit

Mevcut tüm kompozit malzemeler arasında, karbon fiber kompozit malzemelerin düşük yoğunlukta çok iyi mekanik özelliklere sahip olduğu kabul edilmektedir. Aşağıdaki tabloda Alüminyum ile iki farklı kompozit malzeme, %30 karbon fiber takviyeli polieter eter keton (PEEK) ve hacim oranı %70 karbon fiber ve geri kalan %30 reçine olan bir karbon fiber kompozit arasındaki mekanik özellikler açısından kısa bir karşılaştırmayı [1] gözlemleyebiliriz.

Tüm hakları saklıdır. Bu makalenin içeriğinin hiçbir kısmı Trans Tech Publications, www.ttp.net'un yazılı izni olmadan herhangi bir biçimde veya herhangi bir yolla çoğaltılamaz veya iletilemez. (ID: 128.6.218.72, Rutgers Üniversitesi Kütüphaneleri, New Brunswick, ABD-06/04/15,08:16:35)

Tablo 1. Karbon Fiber Kompozit Özellikleri Karbon Fiber Kompozit Özellikleri

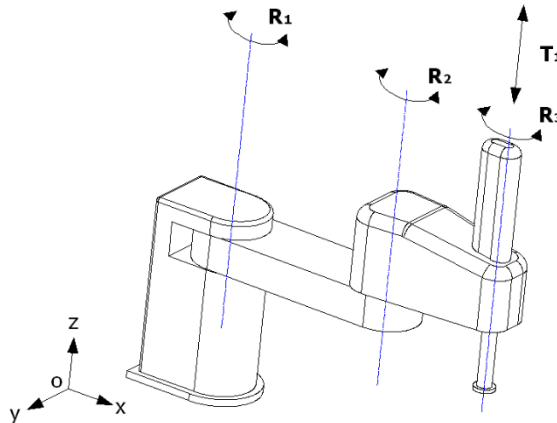
Malzeme	Mekanik özellikler	
	Yoğunlu k (kg/m^3)	Elastik Modül (GPa)
Alüminyum 6063 - T6	2700	70
PEEK (%30) Karbon Elyaf	1441	20
Karbon Fiber (%70) Kompozit	1600	140

Bu tablo, endüstriyel robot üretiminde kullanılan asıl ana malzeme olan alüminyum ile söz konusu kompozit malzemeler arasındaki temel farkları vurgulamaktadır.

Karbon fiber kompozit için, elastik modül gösterileri tek yönde dikkate alınmıştır. Kompozit malzemeler, tüm elyaflar tek yönde yönlendirilmiş olarak ($0^\circ/90^\circ$ açılı yönlendirme) veya elyafların yarısı tek yönde yönlendirilmiş ve ikinci yarısı birincilere dik olarak yönlendirilmiş olarak ($\pm 45^\circ$ açılı yönlendirme) üretilebilir. Dikkate alınan karbon fiber kompozit, tüm fiberlerin tek yönde yönlendirildiği kompozittir. Bu malzeme, elastik modül ve yoğunluk açısından da diğerlerinden üstündür ve daha düşük bir yoğunlukla daha yüksek bir sertlik sunar. Karbon fiber kompozitten yapılan bir parçanın kütlesi, alüminyumdan yapılan aynı parçanın kütlesinden yaklaşık %40 daha düşük olacaktır. Bu, mekanik elemana etki eden kuvvetleri aynı miktarda azaltacak ve böylece robot servo motorları tarafından tahrik edilmesi gereken yükleri azaltacaktır. Bu nedenle, endüstriyel robotların tasarımında tercih edilen yol, üretim teknolojileri ihtiyaç duyulan üretim hassasiyetini elde etmek için ilerledikçe karbon fiber kompozit malzemeler kullanmak olacaktır. Karbon fiber parça üretiminin getirdiği zorluklar, daha önce gösterildiği gibi [2] kompozit malzeme sertliğinin sıcaklık değişimiyle değişeceği göz önüne alındığında, yalnızca robotun konumlandırma hassasiyetine sıcaklık etkilerine odaklanacak olan bu makalenin konusu değildir. Kompozit malzeme sertliği sıcaklıkla değişecektir, yani sıcaklık artışı sertliği azaltacaktır.

Bir Scara Robotu Vaka Çalışması

Vaka çalışması bir SCARA (Seçici Uyumlu Montaj Robot Kolu) endüstriyel robot için yapılmıştır. Bir SCARA robotunun basitleştirilmiş bir gösterimi, döner (R_1 , R_2 , R_3) ve doğrusal (T_1) serbestlik derecelerinin tanımları birlikte aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1. Bir SCARA endüstriyel robotun genel gösterimi

Robotun konfigürasyonu, yatay XY düzleminde üç serbestlik dereceli dönme ve dikey Z ekseninde bir serbestlik dereceli ötelemeden oluşmaktadır. R_1 ve R_2 dönüşlerini sağlayan mekanik elemanlar bu çalışmanın konusu olacaktır. Bu elemanların mekanik tasarımı genellikle yeterli sertlik ve mukavemeti verecek bir malzemeden (genellikle alüminyum) yapılmış bir taban plakasından oluşur. Servomotor ve hareket üretimine dahil olan tüm mekanik cihazlar, bir kasa ile kaplanmış olan bu taban plakasına monte edilir. Yukarıdaki şekilde robotun sadece kasaların görülebildiği genel bir görünümünü görebiliriz.

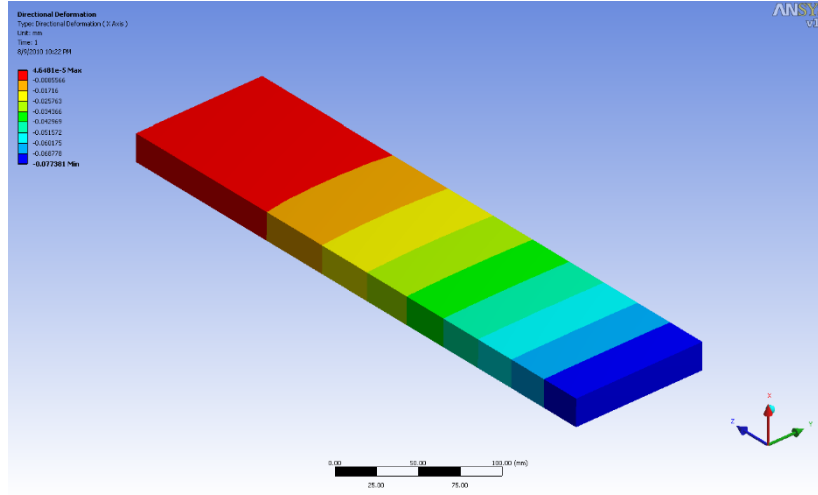
Taban plakası için çalışma 400 x 100 x 20 mm boyutlarında bir numune üzerinde yapılmıştır. Ansys'de gerçekleştirilen bir FEA analizi gerçekleştirmek için basit bir şekil tutulmuştur. Çalışma, karbon fiber kompozit malzemenin sertliğinin herhangi bir sıcaklık değişimiyle değişeceği göz önüne alındığında, mekanik eleman saptmasının sıcaklıkla değişimini göstermektedir. Malzeme elastikiyet modülü ile ilgili veriler [2], $0^\circ/90^\circ$ yönlendirilmiş fiber (tek yönlü fiber) için aşağıdaki modül/sıcaklık bağımlılığını göstermektedir:

$$Y=(9.94E-0.1)+(5.11E-04)X-(1.05E-05)X^2 . \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde "Y" malzeme elastik modülünü (GPa cinsinden) ve "X" ortam sıcaklığını ($^\circ\text{C}$ cinsinden) temsil etmektedir. Denklem 20°C 'den itibaren ortam sıcaklığı için geçerlidir. 45° yönlendirilmiş fiber (çift yönlü fiber) durumu için bağımlılık aşağıdaki bağıntı ile tanımlanır:

$$Y=1.105+0.005X. \quad (2)$$

Ansys simülasyonu her iki malzeme türü için de gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 2. Sapmayı gösteren Ansys simülasyonu

Mekanik eleman, kırmızı renkle gösterilen bir uca kısıtlanmıştır. Diğer uca, robot tarafından taşınabilecek maksimum 5 kg'a kadar bir yüke eşdeğer olan 50N'lik bir kuvvet uygulanmıştır. Karbon elyafın farklı yönelimleri göz önüne alındığında, malzeme türlerinin her biri için iki simülasyon yapılmıştır. Tek yönlü fiber için, 20°C ila 45°C aralığındaki [3] bir sıcaklık değişimi, kiriş sapmasında %1'lik bir değişim göstermektedir. Çift yönlü karbon fiber kompozit malzeme durumunda, aynı sıcaklık aralığında, kiriş sapmasında %14'e varan bir değişim simülasyon tarafından gösterilmiştir. Tüm bu sonuçlar izotropik malzeme özellikleri kullanılarak elde edilmiştir. Simülasyonun doğruluğunu artırmak için ortotropik malzeme özellikleri kullanılabilir.

Yukarıda gösterilen rakamlar sadece bir kirişin sapması için elde edilmiştir. SCARA robotun tasarımı göz önüne alındığında, robotun yatay düzlemde söz konusu kirişlerden ikisine sahip olması nedeniyle sapma değişimlerinin robot hassasiyetini 2:1 ölçeğinde etkileyeceği açıktır,

R_1 ve R_2 rotasyonlarını gerçekleştirir. Bu, robotun bu kirişlerden oluşan iki mekanik elemanın aynı olacağı varsayıldığında, koordinat dönüşümleri matrisine beslenen konumlandırma hatasının iki kat olacağı anlamına gelir.

Sonuçlar

Bir SCARA Endüstriyel Robot konumlandırma hassasiyetine kompozit malzeme termal davranış etkilerini kontrol etmek için Ansys'te bir FEA statik yapısal tip simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Robot üzerindeki 5 kg yüke eşdeğer bir kuvvet tarafından verilen sapmayı kontrol etmek için basit bir malzeme kirişi kullanılmıştır, Sapma değeri 20 ° C'de ve 45 ° C'de malzeme sertliği için belirlenmiştir. Fiber yönelimine bağlı olarak iki tip karbon fiber kompozit malzeme dikkate alınmıştır. Tek yönlü malzeme için %1'lik bir sapma varyasyonu elde edilirken, çift yönlü malzeme için sapma varyasyonu %14'lük bir değerle daha önemli olmuştur. Bu makale, mekanik yapılarında kompozit malzemeler bulunan endüstriyel robotların tasarımında standart bir adım olarak gerçek analizin dahil edilmesini önermektedir. Bu, robot hassasiyetine herhangi bir termal varyasyon etkisinin hedef spesifikasyonuna dahil edilmesini sağlayacak ve hassasiyet değerlerinin ne olduğuna dair daha doğru bir tahmine yol açacaktır. Gelecekte yapılacak bir çalışma olarak, simülasyon için ortotropik malzeme özelliklerinin kullanılması ve böylece bir FEA analizinin verebileceği en doğru sonuçların elde edilmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Doktora öğrencisiyken bilimsel ve araştırma faaliyetlerimde bana rehberlik eden ve doktora tezim için danışman hocam olma onurunu bana bahşeden Prof. Aurel Oprean'a, doktora öğrencisiyken bilimsel ve araştırma faaliyetlerimde bana rehberlik ve danışmanlık yaptığı ve doktora tezim için bana danışman hocam olma onurunu verdiği için teşekkür ederim. Ayrıca bana sürekli destek olan Prof. Adrian Olaru'ya, geçmiş yıllar boyunca dahil olduğum tüm bilimsel ve akademik faaliyetlerde beni sürekli desteklediği için teşekkür ederim.

Referanslar

- [1] Ristea , A. Oprean, "Theoretical estimations for mechanical elements fatigue life in a clean room Industrial Robot", 4nd International Conference OPTIROB, CONSTANTA, 28-31 May 2009.
- [2] J. M. Corum, R. L. Battiste, K. C. Liu, M. B. Ruggles, "Basic Properties of Reference Crossply Carbon-Fiber Composite", Oak ridge National Laboratory, Şubat 2000, Tennessee 37831-6285, ABD.
- [3] U. Heisela, F. Richtera ve K.H. Wursta, "Endüstriyel Robotların Termal Davranışları ve Hata Telafisi Olanakları",Universit t Stuttgart, Temmuz 2007, Stuttgart, Almanya.

MEMS, NANO ve Akıllı Sistemler

10.4028/www.scientific.net/AMR.403-408

Kompozit Malzemelerden Üretilen Endüstriyel Robotların Performansı Üzerinde Sıcaklık Etkileri

10.4028/www.scientific.net/AMR.403-408.603