

Seramik Yüzeylerin Lazerle İşlenmesi Üzerine Bir Çalışma

Mehmet Hakan ÇOLPAN

Selçuk Üniversitesi, Akören Ali Rıza Ercan Meslek Yüksek Okulu, KONYA

hakancolpan03@gmail.com

Öz: Bu çalışmada, alümina seramiklerinin lazerle işleme süreçleri araştırılmıştır. Bu lazer işleme prosedüründe lazer gücü ve işlem hızının alümina örnekleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Lazer işleminin başlıca faydaları esneklik ile birlikte yüksek hız, yüksek hassasiyet ve iyi kalitedir. Ayrıca, seramikler yüksek sertlikleri ve kırılmalıkları nedeniyle geleneksel yöntemlerle zorlukla işlenir. CO₂ lazer işleme alümina seramiklerinin, çıkış gücü, işlem hızı parametrelerinin etkisi ile ilgili analizleri yapıldı. İşaret genişliği, işaret derinliği ve kontrast değerlendirildi ve çıktı gücünün hem işaret derinliğini hem de genişliği belirlediği tespit edildi. Daha yüksek güç, yüksek kontrast ile karakterize edilmiş, bu durum daha derin ve daha geniş işaretlerin oluşmasına neden olmuştur. İşlem hızı, üst üste binen lekeleri ve lazer-malzeme etkileşim süresini kontrol eder, böylece işaret derinliği ve kontrastı üzerinde etkisi olur. Araştırma, derin çizgiler üretmek için yüksek çıkış güçlerinin gerekli olduğunu ve düşük işlem hızlarıyla birlikte yüksek çıkış güçlerinin, gravürleme sırasında tatmin edici kalitede genişliği ve derinliği elde etmek için en uygun parametreler olduğu neticesinde netleştiğini açıkladı. Örnekler konfokal mikroskop ve SEM kullanılarak analiz edildi.

Anahtar Kelimeler: Alümina seramik (Al₂O₃), lazer yüzey işleme, CO₂ lazer

A Study on Laser Processing of Ceramic Surface

Abstract: In this study, laser processing processes of alumina ceramics were investigated. The effect of laser power and processing speed on alumina samples was investigated in this laser treatment procedure. The main benefits of laser processing are flexibility, high speed, high precision and good quality. In addition, ceramics are hardly processed by conventional methods due to their high hardness and brittleness. CO₂ laser processing alumina ceramics were analyzed for the effect of output power, process speed parameters. Mark width, sign depth, and contrast were evaluated and the output power determined both the sign depth and width. Higher power, resulting in deeper and wider markings characterized by high contrast. The processing speed controls overlapping stains and the duration of the laser-material interaction, thus having an effect on the depth and contrast of the markers. The study explained that high output forces are required to produce deep lines and that, with low processing speeds, high output forces become clear as the most suitable parameters for achieving a satisfactory quality width and depth during engraving. Samples were analyzed using a confocal microscope and SEM.

Keywords: Alumina ceramic (Al₂O₃), laser surface processing, CO₂ laser

1. Giriş

Alümina seramiklerin (Al₂O₃), tipik özellikleri (yüksek mukavemet, yüksek kırılma tokluğu, mükemmel aşınma, kimyasal direnç ve yüksek sertlik ve tokluk) nedeniyle çeşitli alanlarda birçok

uygulaması bulunmaktadır (Maleksaedi ve ark., 2014). Bu özellikler, ortopedik implantlar, contalar, valfler ve birçok ticari ve önemli üretim kalemleri için alüminayı tercih edilen bir materyal yapmaktadır. Alümina ayrıca birçok biyomedikal

uygulamada geleneksel malzemelerin yerine geçen büyük bir potansiyele sahiptir. Alümina seramikler, otomobil motorları, ısı eşanjörleri, mikrodalga cihazlar için elektronik alt tabakalar ve yüksek güçlü radyo frekanslı elektronik devreler gibi çeşitli mühendislik uygulamalarında da kullanılır. Bu önemli özelliklere rağmen, yüksek sertlik ve kırılma, bu seramiklerin geleneksel tekniklerle işlenmesini zorlaştırırken, lazerle işleme, onları etkili bir şekilde işlemek için iyi bir yöntemdir (Vogt ve ark., 2010). Lazer işleme, alet aşınmasını ve titreşimlerini azaltan temassız, otomatik ve aşınmaz teknik olduğu için gravür ve delme işlemleri için birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

Lazer işleme, ürün tanımlamasında ve hata analizi için izlenebilirlikte önemli bir rol oynar. Geleneksel gravür ile karşılaştırıldığında, küçük nesnelere için daha hızlı ve okunaklıdır. Ayrıca, lazer işlem parametrelerini optimize ederek daha fazla yazı tipi ve grafik desenlerin uygulanmasını sağlar. Benzer uygulama esneklikleri çok sayıda malzemede (metal, plastik, ahşap, deri ve cam) yapılabilmektedir. Plastik endüstrisinde, gıda endüstrisinde, makine mühendisliğinde ve elektronikte faydalıdır. Teller, alt tabakalar, cihazlar, panolar, paketler ve monte edilmiş aletlerin tümü lazerle işaretlenmiştir ve barkodların işaretlenmesi, tarih kodları, 2D matris kodları ve logoları gibi uygulamaları içerir.

Biyomedikal implantlar, kullanımdan önce, sterilize edilmeden önce bir işaretleme işlemine tabi tutulur (Garino ve ark., 2006). İşaretlerin minyatürleştirilmesi ve makinenin okunabilir olması daha sonraki ürün işlem adımlarını olumsuz etkilemelerine izin vermez. Malzemelerinin işlenmesi için farklı lazerlerle birçok uygulamalar yapılmıştır. Örneğin Migiakis ve Papadimitriou (2009), oyulmuş alüminyum, galvanizli ve paslanmaz çelik malzemeler üzerine barkodlar işleme uygulamalarını yapmışlardır. Çalışmalarında lazer kullanarak hızlı bir şekilde yüksek kaliteli, silinemez, tarayıcıda okunabilen barkodlar oluşturmanın mümkün olduğu sonucuna varmışlardır. Gomez de Salazar ve ark. (2007) lazer işleme süreçlerini kullanılan gazın işleme kalitesine olan etkisini incelemiştir. Leone ve ark. (2009), ikinci harmonik dalga boyunda Nd: YAG lazer (532 nm) kullanılarak farklı türlerde ahşapların gravürü üzerinde çalışmışlardır. Darbe frekansı, işlem hızı ve tarama tekrarı sayısının işaret derinliği ve yüzey kalitesi üzerindeki etkisi ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Daha hassas lazer yüzey işleme çalışmalarına örnek olarak Chen ve ark. (2009), CO₂ lazer ile yumurta kabuğunu işaretleme sürecini inceledikleri çalışma verilebilir.

Bu çalışmada alümina seramiklerde 10600 nm dalgaboylu CO₂ lazer kullanılarak yüzey işleme testleri yapılmıştır. Lazer

çalışma parametrelerinin lazer ile üretilen çizgiler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Lazer gücünün ve işleme hızı etkisi analiz edilmiştir. Lazer ile yüzey işleme yapılan seramik numuneler taramalı konfokal mikroskopi ve taramalı elektron mikroskobu karakterize edilmiştir.

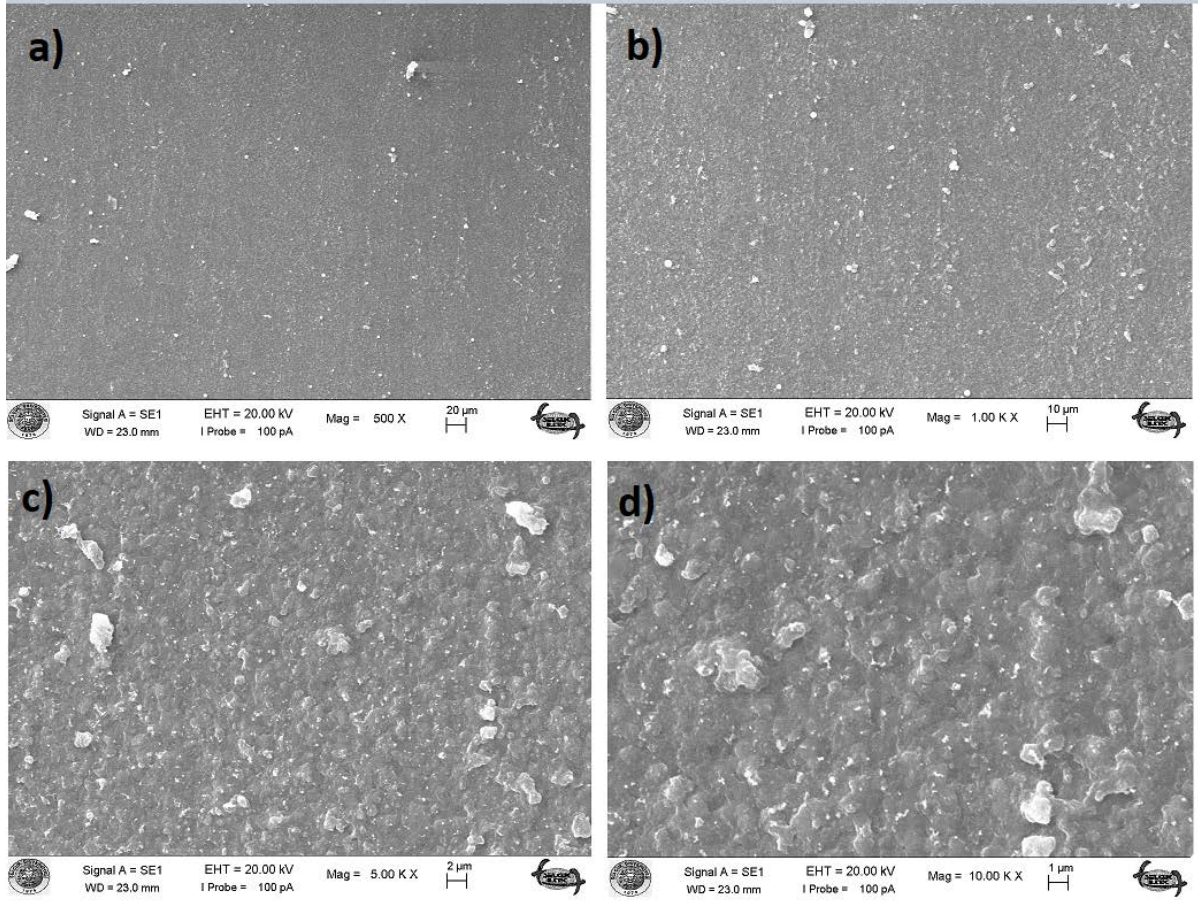
2. Materyal ve Yöntem

Deneysel çalışmalar için 10 mm x 10 mm x 4 mm boyutlarında alümina seramik (Al_2O_3 , saflık %92) plakalar kullanılmıştır. Deneylere başlamadan önce, numune yüzeyi, yağ ve toz kalıntılarını gidermek için aseton ile temizlenmiştir. Testler, oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Tüm işlemler boyunca darbe frekansı ve darbe uzunluğu sabitti. Testler sırasında, ilk önce 200 mm/s sabit işlem hızı daha sonra 300 mm/s işlem hızında 20-100 W farklı çıkış güçlerinde yüzey işleme testleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey işleme sonucunda çizgi özellikleri konfokal mikroskop OLYMPUS LEXT3100 ve taramalı elektron mikroskobu ZISSEVO ile incelenmiştir.

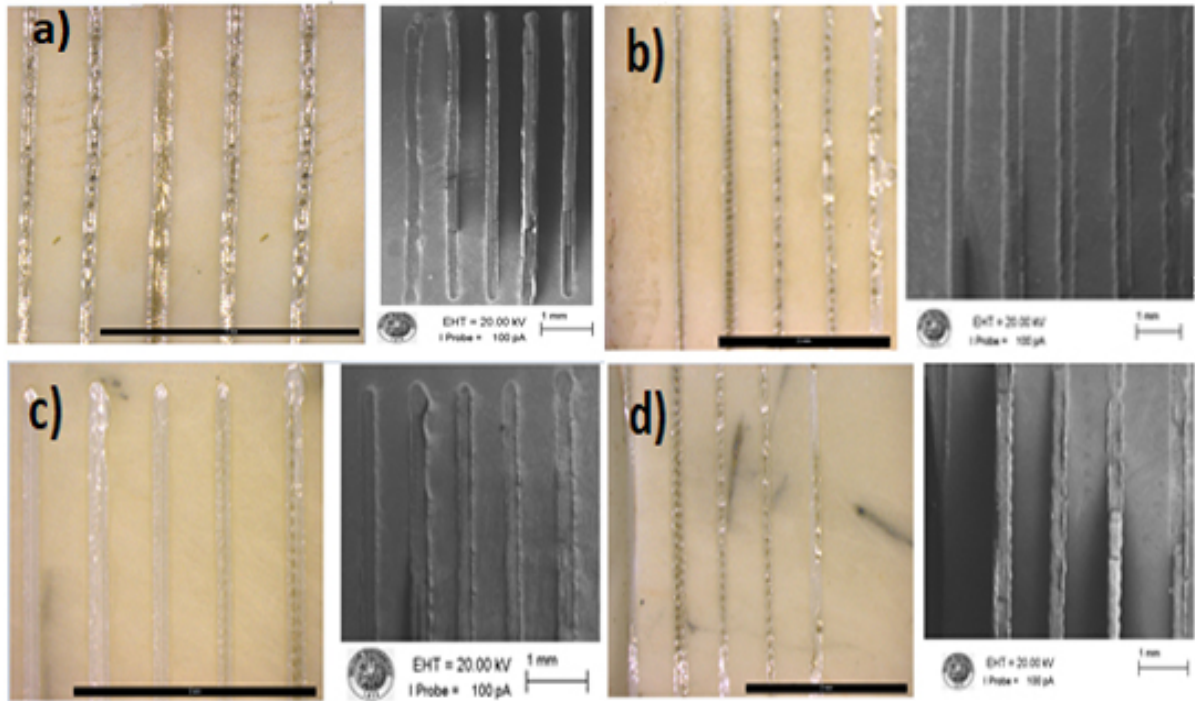
3. Sonuçlar ve Tartışma

Numunelerin lazer ile işlenmesinde, temel olarak malzemenin lazer gücünün değişimine verdiği tepkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Malzemenin tepkisinin gücün bir fonksiyonu olarak incelenmesi sırasında darbe frekansı ve darbe uzunluğu değiştirilmemiştir. İşlem hızı olarak seçilen 200 mm/s ve 300 mm/s hızlarda numunelere sırasıyla 20-60W ile 60-100W güce sahip lazer ışığı uygulanmıştır. Bu iki aralıkta seçilen lazer güçleri adımda 10 W olarak artırılmıştır.

Çalışmada numuneler 0.2 mm lik çapa lazer ile işlenmiştir. Şekil 1'de farklı detaylarda lazer işleme yapılmamış numunenin SEM görüntüsü verilmiştir. Elde edilen SEM görüntüsü 1 μ m, 2 μ m, 10 μ m ve 20 μ m detayda verilmiştir. Şekil 2'de işlenen numunelerin konfokal mikroskop OLYMPUS LEXT3100 ve taramalı elektron mikroskobu ZISSEVO ile elde edilmiş görüntüleri verilmiştir.



Şekil 1 Lazer işleme yapılmamış numunenin a) 20µm, b) 10µm, c) 2µm ve d) 1µm detayda SEM görüntüsü

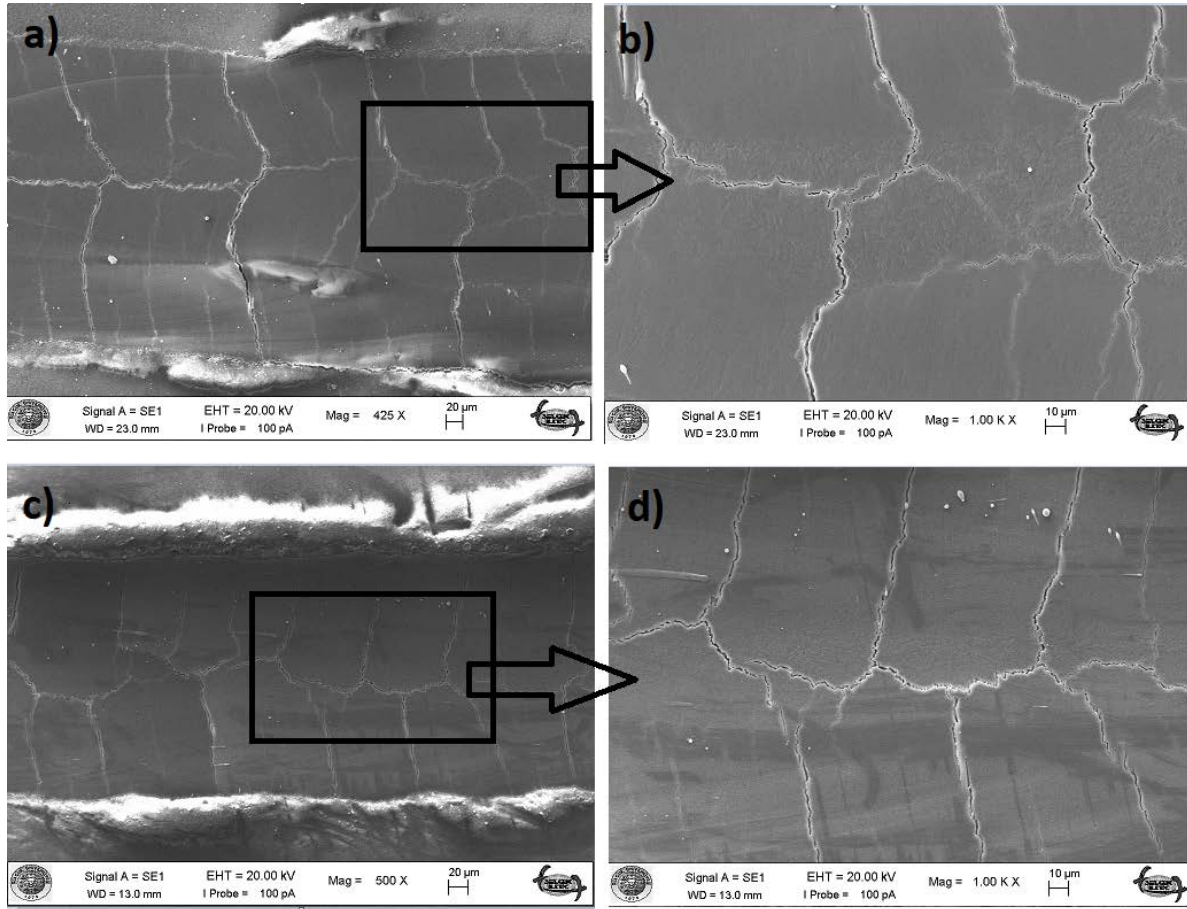


Şekil 2. Lazer ile işlenen numunelerin konfokal mikroskop OLYMPUS LEXT3100 ve taramalı elektron mikroskobu ZISSEVO ile elde edilmiş görüntüleri. 200 mm/s hızlarda numunelere sırasıyla a) 20-60W ile b) 60-100W ve 300 mm/s hızlarda numunelere sırasıyla c) 20-60W ile d) 60-100W.

Yüksek işleme hızı için işaret derinliğinde düşük olana göre hafif düşüş tespit edildi. Bu durum, lazerin markalama derinliğini azaltmaya neden olan materyali buharlaştırması için daha az zaman harcanması ile açıklanabilir. Bu gerçek, işlem hızındaki artışın neden olduğu darbe örtüşme oranının azaltılmasıyla da desteklenir, bu da belirli bir noktaya verilen daha az enerjinin bir sonucu olarak daha az miktarda malzemenin uzaklaştırılmasından dolayıdır. Buharlaştırma için daha az zaman, ayrıca daha yüksek işlem hızı için işlem görmüş ve işlem görmemiş alan arasında kontrastın azalmasına neden olmuştur. Şekil 1’de verilen numune görüntülerinde her numune için uygulanan lazer işleme güçleri çizgi üzerinde verilmiştir. İşaretlerin çevresinde herhangi bir safsızlık olmadığı ve bu iki hız için işaret genişliğinin neredeyse aynı olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle işleme hızı marka genişliğini etkilememiştir. İşlem hızı ile oluşturulan oyulmuş çizgiler boyunca profiller incelendiğinde profillerin, sıg işaretin üretildiği işlemin daha hızlı yapıldığını kanıtlamaktadır. Profiller ayrıca 5 µm genişliğe sahip çizgilerinin kenarlarında bulunan birikmiş erimiş ve yeniden katılmış kütlelerin varlığını da ortaya koymaktadır. Bu durumun sebebi, işleme sırasında kenara atılan eriyiklerin hareketidir. Turichin ve ark. (2015), alümina seramiklerinin işlenmesi ve işlem hızının işleme kalitesi üzerine etkisi

üzerinde duruldu. İşaret derinliği ile işlem hızı arasında ters bir ilişki olduğunu bildirdiler. İşlem hızındaki artışla birlikte, işaret derinliğinde kademeli bir düşüş gözlemlendi. Ayrıca, işaret derinliğinin azalmasının, lazer gücünün daha yüksek değerleri için daha belirgin olduğu sonucuna vardılar. Sonuçlarımızın aksine, marka genişliğinin artan hızda arttığını bildirdiler. Sorrentino ve ark. (2009) daha yüksek kesit alanı, daha derin bir işleme ve daha geniş bir işlemin daha düşük işlem hızına ve daha yüksek güce karşılık geldiğini ortaya koydu. Sorrentino ve ark. (2009)’nın ortaya koyduğu sonuç, güç, işlem hızı kadar baskın olmaması idi. Cervo ve ark. (2010) tarafından materyallerin işlenmesi sırasında da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Cervo ve ark. (2010) hız düştükçe derinliğin arttığını doğrulamışlardır.

Alümina önemli özelliklerine rağmen, yüksek sertlik ve kırılgenlik, bu seramiklerin geleneksel tekniklerle işlenmesini zorlaştırır. Lazer işlemede de bu kırılgenlikleri detaylı incelemede gözlenebilir. Şekil 3’te verildiği gibi, çalışılan tüm güçlerde benzer çatlakların oluştuğu gözlenmiştir.



Şekil 3 İşleme hızı 300 mm/s olan a), b) 20 W ve c), d) 100 W güçte iki farklı lazer işleme işlemi sonucunda oluşan işleme izinin 20µm ve 10 µm detaydaki yüzey profilleri.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, birçok farklı uygulamalarda önemli bir çalışma alanı bulan alümina seramikler, yüksek güç lazer işleme işlemleri sonrasında yapısal kusurların meydana geldiği gözlenmiştir. Bu yapısal

kusurlardan kaçınmak için puls süresi kısa olan lazerlerin seçilmesinin malzemeye aktarılan enerjinin yapısal kusurlara sebep olmayacağı için uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Kaynaklar

- Cervo R, Ferro P, Tiziani A (2010). Annealing temperature effects on super duplex stainless steel UNS s32750 welded joints. I: Microstructure and partitioning of elements. *Journal of Materials Science* 45(16): 4369–4377.
- Chen MF, Hsiao WT, Huang WL, Hu CW, Chen YP (2009). Laser coding on the eggshell using pulsed-laser marking system. *Journal of Materials Processing Technology* 209(2): 737–744.

- Garino J, Rahaman MN, Bal BS (2006). The reliability of modern alumina bearings in total hip arthroplasty. *Seminars in Arthroplasty* 17(3–4): 113–119.
- Gomez De Salazar JM, Soria A, Barrena MI (2007). The effect of N₂ addition upon the MIG welding process of duplex steels. *Journal of Materials Science* 42(13): 4892–4898.
- Leone C, Lopresto V, De Iorio I (2009). Wood engraving by Q-switched diode-pumped frequency-doubled Nd:YAG green laser. *Optics and Lasers in Engineering* 47(1): 161–168.
- Maleksaeedi S, Eng H, Wiria FE, Ha TMH, He Z (2014). Property enhancement of 3D-printed alumina ceramics using vacuum infiltration. *Journal of Materials Processing Technology* 214(7): 1301–1306.
- Migiakis K, Papadimitriou GD (2009). Effect of nitrogen and nickel on the microstructure and mechanical properties of plasma welded UNS S32760 super-duplex stainless steels. *Journal of Materials Science* 44(23): 6372–6383.
- Sorrentino S, Fersini M, Zilli G (2009). Comparison between SAW and laser welding processes applied to duplex structures for bridges. *Welding International* 23(9): 687–698.
- Turichin G, Tsibulskiy I, Kuznetsov M, Akhmetov A, Mildebrath M, Hassel T (2015). Influence of the Gap width on the geometry of the welded joint in hybrid laser-arc welding. *Physics Procedia* 78: 14–23.
- Vogt UF, Gorbar M, Dimopoulos-Eggenschwiler P, Broenstrup A, Wagner G, Colombo P (2010). Improving the properties of ceramic foams by a vacuum infiltration process. *Journal of the European Ceramic Society* 30(15): 3005–3011.