JOINABILITY OF DIFFERENT POWDER METAL MATERIALS WITH MICROWAVE AND INDUCTION HEATING

İrem Burcu Algan[1,a], Yasemin Aksu[1,b], Yusuf Çiftçi[1,c], Nurcan Ünlü[1,d], Ramazan Çıtak[1,e], Yusuf Özçatalbaş[1,f], Adem Kurt[1,g]

[1]Department of Metallurgical and Materials Engineering / Faculty of Technology /Gazi University

[a] irembalgan@gazi.edu.tr, [b] yasemindundar@gazi.edu.tr, [c]yusuf.çift95@gmail.com
[d]nlunurcan92@gmail.com,[e] citak@gazi.edu.tr, [f]yusufoz@gazi.edu.tr, [g] ademkurt@gazi.edu.tr,

Özet

Sinter lehimlemede indüksiyon ve mikrodalga uygulamaları işlem süresini önemli oranda azaltır ve böylelikle enerji açısından verimli bir süreç elde edilebilir. Bu çalışmada, tek yönlü soğuk pres ile üretilen farklı toz metal malzemelerin sinter lehim ile birleştirilebilme özellikleri incelenmiştir. Sırasıyla ortalama parçacık boyutu 20 µm ve 40 µm olan bakır ve paslanmaz çelik tozları 700, 800 ve 900 MPa basınçla preslenerek 12 mm çapında ve 3 mm yüksekliğinde numuneler üretildi. İndüksiyon ile ısıtma 450°C sıcaklık ve 2900 Hz frekansta Argon atmosferinde gerçekleştirilirken, mikrodalga ısıtma 450°C sıcaklık ve 900 W güç kullanılarak atmosfer ortamında gerçekleştirilmiştir. Mikroyapı analizleri optik mikroskop ile yapılırken, mekanik analizler mikrosertlik testi (HV 0,3) ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga, indüksiyon, toz metalürjisi, bakır, paslanmaz çelik

1. Giriş

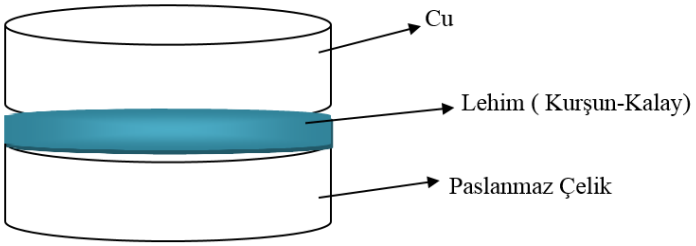
Toz metalurjisi, 20. yy'da ortaya çıkmış ve günümüzde hızla gelişmektedir. Toz metalurjisi ile üretilen parçalar pek çok değişik alanda kullanılmaktadır. Dişliler, kendinden yağlamalı burçlar, elektrik kontakları, sert kesici takım uçları vb. birçok parça toz metalurjisi yöntemi ile üretilmektedir [1,2].

Toz metalurjisinde üretilecek uygun bileşime sahip olan tozlar, ilk işlem olarak uygun bir kalıp içinde preslenmektedir. Presleme sonrasında en önemli işlem olan sinterleme işlemi, ergime sıcaklığı altında ve genellikle koruyucu atmosferde gerçekleştirilir. Bu işlemde; parça, fırın içine konur ve korozyondan korunması için fırın içerisine koruyucu gaz gönderilir. Fırındaki parçanın içindeki yağlayıcıların temizlenmesi için numuneler ön ısıtmaya tabi tutulur. Oksit indirgenmesinin ardından fırının sıcak bölgesinde sinterleme işlemi gerçekleşir ve fırından çıkan parça soğumaya bırakılır [3]. Hızlı sinterleme teknikleri, sinterleme süreleri kısaltılarak enerji ve zaman tasarrufu sağlanabilmektedir. Örneğin indüksiyon sinterlemede, işlem görecek malzeme değişken akım taşıyan iletken bobin ile bir seferde ısıtılır. Isı transferi, diğer ısıtma sistemlerinden 3000 kez daha iyidir[4]. Diğer yandan mikrodalga sinterlemede ısı, verilen elektromanyetik enerjinin doğrudan malzemeyle etkileşimi sonucunda açığa çıkması sebebiyle hızlı ve verimli şekilde numunenin ısıtılması sağlanır[5]. Sinterleme ve lehimle işlemi eş zamanlı gerçekleştirildiğinde işlem süresi kısaltılarak zamandan ve enerjiden tasarruf edilebilir. Ayrıca bu

eş zamanlı işleme hızlı ısıtma tekniklerinin uygulandığında, homojen bir ısı transferinin gerçekleştirmesi ile ürün kalitesinin arttırılabilir.

2. Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmada, 20 ve 80 µm toz tane boyut aralığında olan Cu ve SS(paslanmaz çelik) tozları hassas terazide her birinden 3gr olacak şekilde tartıldıktan sonra 12 mm çapında ve 3 mm uzunluğundaki kalıpta, 700, 800 ve 900 MPa basınçlarda soğuk olarak preslenmiştir. Üretilen numunelerin ham yoğunlukları hesaplandıktan sonra, yüzeyleri ince zımpara yardımıyla temizlenmiş ve arayüzeye Pb-Sn (%40 Pb) (lehim) tozu homojen bir şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Cu-paslanmaz çelik numunelerin mikrodalga lehim işleminin şematik görünüşü

Üretilen iki set numuneden 1. grup numunelere HAMILab-DS1500 marka cihazda mikrodalga sinter lehim; 2. grup numunelere ise Reterm marka cihazda indüksiyon sinter lehim işlemi uygulanmıştır. Mikrodalga sinter lehimleme işlemi, 900 watt güç ve 450 °C sıcaklıkta 5,10 ve 15 dakika sürelerde; indüksiyon sinter lehim işlemi ise Ar atmosferinde, 450 °C sıcaklık ve 2900 Hz frekansta 5 dakikada gerçekleştirilmiştir. Sinterleme ve eş zamanlı lehimleme işlemi için kullanılan mikrodalga fırın ve indüksiyon ısıtma düzeneği Şekil 2' de verilmiştir.

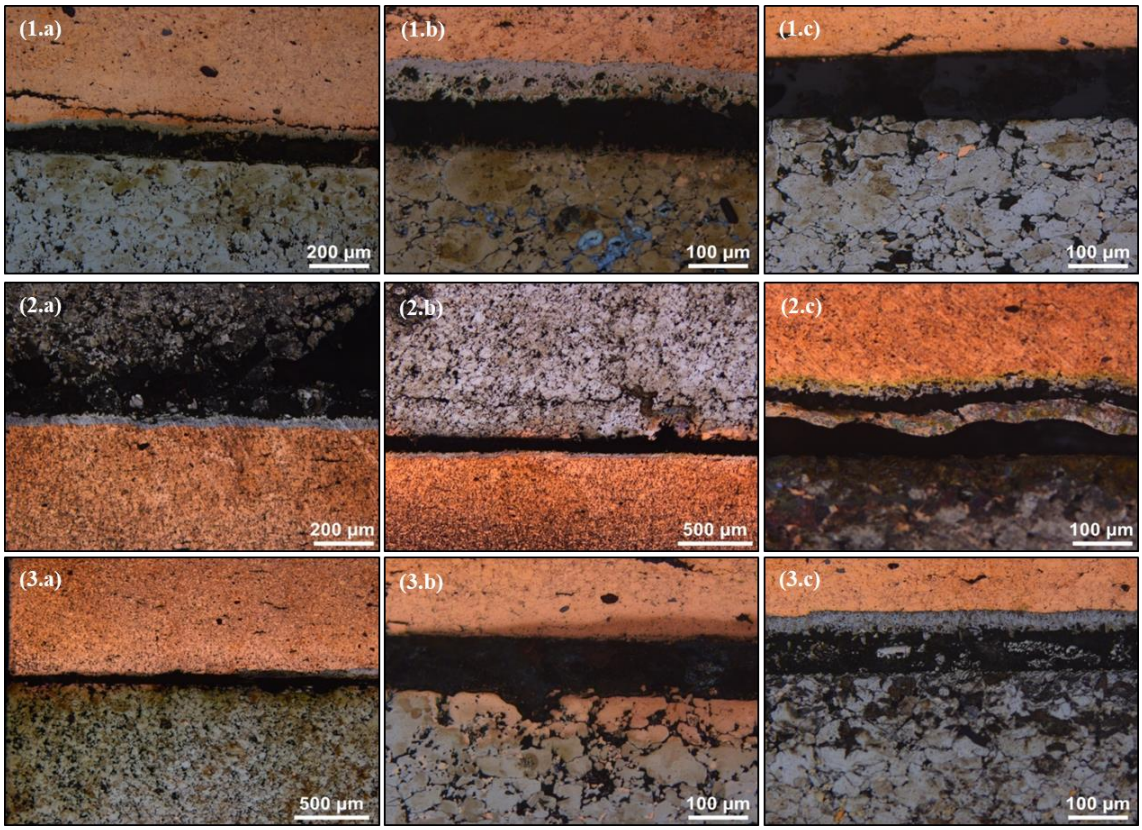


Şekil 2. (a) Mikrodalga fırın ve (b) indüksiyon ısıtma düzeneği

Sinter lehimlenen numunelerin Leica DM5000M model optik mikroskopta mikroyapı analizi ve Shimadzu HMV-2 model mikrosertlik cihazında sertlik testleri yapılmıştır.

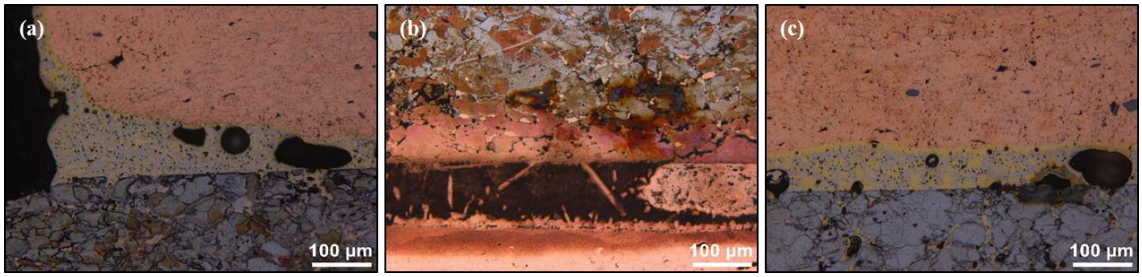
3. Sonuçlar ve Tartışma

Şekil 3'te Cu ve SS parçaların değişik basınç ve sürelerde birleşme mikroyapıları verilmiştir. Birleşme ara yüzeyinde lehim tabakasının artan sinterleme süresine bağlı olarak difüzyon ve buharlaşma yoluyla ara yüzeyden genellikle Cu tarafına ince bir film halinde geçiş bölgesi oluşturduğu gözlenmektedir. Birleşme esnasında oluşan bağ kuvvetinin etkisiyle en düşük basınçta preslenen numunenin birleşme ara yüzeyine paralel katmanlı çatlak oluştuğu görülmektedir. Bunun bakırın genleşmesi ve ara yüzey lehim bölgesinin Cu tabakayı SS tarafına çekme gerilmeleri sonucu oluştuğu düşünülmektedir. Artan sinterleme süresiyle özellikle Cu tarafında birleşme ara yüzeyine paralel mikro çatlakların meydana geldiği gözlenmiştir. Bununla beraber 796 ve 884 MPa basınçta preslenmiş SS numunelerde, artan sinterleme süresinin tane irileşmesine yol açtığı ve taneler arasında gözeneklerin irileşmesine neden olmuştur. 884 MPa'da 10 dakika sinterlenmiş numunenin ara yüzeyinde lehim tabakası katmanlı şekilde Cu tarafında bir geçiş bölgesi; SS tarafında ise Cu+lehim malzemesinden oluşan dalgalı bir birleşme tabakası oluşturmuştur. Sinterleme süresinin artmasıyla 15 dakika sinterleme süresinde Cu ve SS ara yüzeyinde homojen denebilecek bir lehim birleşme bölgesi meydana gelmiştir.



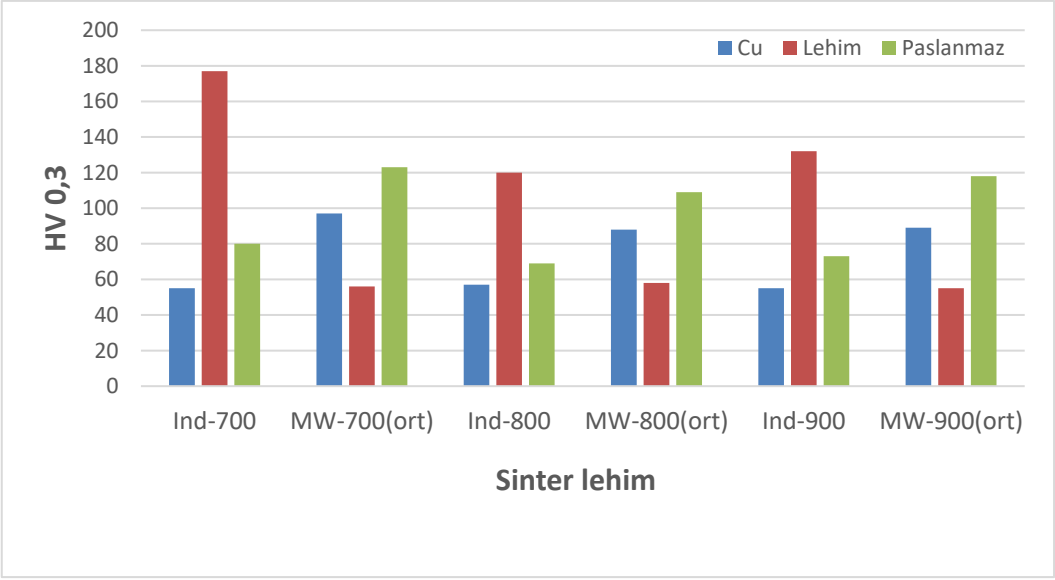
Şekil 3. (1) 700 MPa, (2) 800 MPa ve (3) 900 MPa basınçta preslenen Cu ve SS parçaların (a) 5, (b) 10 ve (c) 15 dakikada mikrodalga ile lehimlenen bölgelerinin mikroyapıları.

Şekil *4*' te indüksiyon ısıtma ile lehimlenen malzemelerin mikroyapısı verilmiştir. Buna göre, 700 ve 900 MPa basınçla preslenen numunelerin birleşme arayüzeyinde başarılı şekilde bağlanma görülmüş, ancak her üç numunenin de arayüzey bölgesinde gaz boşlukları ve oksit tabakaları tespit edilmiştir.



Şekil 4. (a) 700 MPa, (b) 800 MPa ve (c) 900 MPa basınçta preslenen Cu ve SS parçaların indüksiyon ısıtma ile elde edilmiş lehim bölgelerinin mikroyapıları.

Şekil 5'te, hem indüksiyon hem de mikrodalga ısıtma ile lehimlemede, toz malzemelerin presleme basıncı arttıkça sertliğin azaldığı görülmektedir. Bu duruma, pres basıncının artması ile birlikte artan sinterleme süresinin sebep olduğu düşünülmektedir. İndüksiyonla ısıtılarak lehimlenen malzemelerde lehim bölgesi en yüksek sertliğe sahipken, mikrodalga ile lehimlenen numunelerin lehim bölgesi en düşük sertliktedir.



Şekil 5. İndüksiyon ve mikrodalga ısıtma ile lehimlenen Cu-SS malzemelerin sertlik değerleri

4. Sonuç ve Öneriler

Mikrodalga ve indüksiyon ısıtma ile sert lehimleme yapılan bu çalışmada:

- Farklı basınçlarda preslenen toz metal malzemelerin, mikrodalga ve indüksiyon gibi hızlı ısıtma yapabilen sistemlerle sert lehimlenebildiği görülmüştür.

- Yüksek presleme basıncı ve hızlı ısıtma etkisi, lehim arayüzeylerinde presleme yönüne dik çatlaklar oluşturmuştur.
- Lehimleme işleminin atmosfer korumalı ortamda yapılması, gaz boşluklarının ve kesintili arayüzey bağlantılarının önlenebileceği düşünülmektedir.

5. Kaynaklar

1. F. Nutku: Toz Metalurjisi ile Üretilen Parçaların Tahribatsız Muayenesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2003).

2. Sarıtas, S., "Powder I. Ulusal Toz Metalurjisi konferansı Bildiri kitabı", Gazi Üniversitesi İletisim Fak. Matbaası, Ankara. (1996).

3. Ersümer, A: Toz Metalurjisi Sert Metal Sinterleme, İstanbul Üniversitesi Matbaası, İstanbul, (1970).

4. Randal M. German, "Sintering theory and practice" The Pennsylvania State Universty Park, Pennsylvania, A willey – interscience publication, Jon Wiley & Sons, INC., USA, pp. 313-362, 373-400, 403-420, 1996.

5. Yıldız, K. and Alp, A., "Using of Microwave in Metallurgical Processes", Metalurji TMMOB, 24(125): 1300-4824,(1999).

CORRESPONDENCE ADDRESS: İrem Burcu Algan, Gazi University Faculty of Technology, Department of Metallurgy& Material Engineering, 06810, Teknikokullar-Ankara, +903122028799, irembalgan@gazi.edu.tr

SHORT BIOGRAPHIES

İrem Burcu ALGAN – İrem Burcu Algan was born in Ankara in 1989. She was graduated from Karadeniz Technical University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering in 2012 then completed her master's degree in Gazi University Graduate School of Natural Applied Science Metallurgy and Material Engineering Department in 2015. She works as a research assistant in Gazi University Technology Faculty since February, 2013 in addition continue her doctorate in Gazi University since September, 2015.

Yasemin AKSU – Yasemin AKSU was born in Ankara in 1989. She was graduated from Middle East Technical University (METU), Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering in 2012 then completed her master's degree in METU Graduate School of Natural Applied Science Metallurgy, Department of Metallurgical and Materials Engineering in 2015. She works as a research assistant in Gazi University Technology Faculty since February, 2013 in addition continue her doctorate in Gazi University Graduate School of Natural Applied Sciene, Department of Metallurgical and Materials Engineering since September, 2016.

Yusuf Çiftçi – Yusuf Çiftçi was born in Ankara in 1992. He was graduated from Gazi University, Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering in 2018.

Nurcan Ünlü – Nurcan Ünlü was born in Konya in 1992. She was graduated from Gazi University, Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering in 2018.