



ICME2016-01240068

## بررسی عددی و تئوری فشردن داغ پودر Ti-6Al-4V

وحید توکل خواه<sup>۱</sup>، مریم فریدزاده<sup>۲</sup>، امیر عبدالله<sup>۳</sup>، نادر پروین<sup>۴</sup>، وحید فراتاشوند<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup>دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مکانیک، کارشناس ارشد، v.tavakolkhah@aut.ac.ir

<sup>۲</sup>دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده مکانیک، دانشجوی کارشناسی ارشد، maryam8826101@aut.ac.ir

<sup>۳</sup>دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مکانیک، دانشیار، amirah@aut.ac.ir

<sup>۴</sup>دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مواد و متالورژی، دانشیار، nparvin@aut.ac.ir

<sup>۵</sup>دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده مکانیک، دانشجوی دکتری، fartashvand@aut.ac.ir

### چکیده

اقتصادی و امکان توسعه دامنه کاربرد این آلیاژ در صنایع خودروسازی می‌شود. متالورژی پودر با تولید قطعه‌هایی نزدیک به شکل نهایی، روشی روتین برای تولید قطعات آلیاژ تیتانیوم است [۲]. فشردن داغ، فرآیندی است که در آن همزمان فشردن و تفجوشی در حضور گاز خنثی یا خلأ برای تولید قطعه‌ای با چگالی نسبی بالا صورت می‌گیرد. پارامترهای مؤثر در این فرآیند دما، فشار، نرخ افزایش دما، نرخ افزایش فشار، مدت زمان نگهداری در بالاترین دما است.

گرنوستاجسکی و همکارانش [۳] به بررسی فشردن داغ پودر Ti-6Al-4V در حضور گاز خلأ تحت فشار ۱۶۰ MPa و دمای ۸۰۰°C در مدت زمان ۶۰ دقیقه پرداختند و به چگالی نسبی ۹۹/۹۵٪ دست یافتند. بلزونی و همکارانش [۴]، با ارزیابی اثر دمای فشردن بر روی چگالی نسبی و میزان سختی قطعه Ti-6Al-4V بیان کردند که دما اثر قابل توجهی در میزان سختی قطعه نهایی ندارد و میزان اکسیژن موجود، مشخص کننده سختی قطعه است. همچنین آن‌ها گزارش کردند که در دمای بالاتر از ۱۱۰۰°C چگالی نسبی بالای ۹۷٪ حاصل شده است. دوناند [۵] با استفاده از روش المان محدود به بررسی رفتار خزشی Ti-6Al-4V طی فرآیند پرس داغ یک طرفه پرداخت و تطابق خوبی بین نتایج مدل المان محدود و داده‌های تجربی گزارش داد. کیم و همکارانش [۶] منحنی جریان تغییر شکل پلاستیک Ti-6Al-4V در حین تفجوشی تحت دما و نرخ کرنشی متفاوت را ارزیابی کردند. توکل خواه و همکارانش [۷] یک مدل تحلیلی را برای پیش‌بینی رفتار چگالش پودر آلیاژ تیتانیوم Ti-6Al-4V پرداختند. لیو و همکارانش [۸] به بررسی چگالش پودرهای آلیاژهای مختلف تیتانیوم در فرآیند فشردن‌سازی گرم پرداختند.

در این مقاله به بررسی المان محدود فرآیند فشردن‌سازی

آلیاژ Ti-6Al-4V به عنوان پر کاربردترین آلیاژ تیتانیوم در صنایع مختلفی نظیر توربین‌سازی، هوافضا و صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. هزینه بالای ماده اولیه این آلیاژ منجر به استفاده از روش‌های تولید با قابلیت ساخت هندسه نزدیک به شکل نهایی و با کم‌ترین مقدار براده‌برداری شده است. قطعات ساخته‌شده با روش متالورژی پودر دارای ابعاد نزدیک به هندسه نهایی می‌باشند که در تکنولوژی فشردن داغ عملیات فشردن و تفجوشی به صورت همزمان انجام می‌گیرد. در این مقاله، به بررسی المان محدود فرآیند فشردن‌سازی داغ پودر تیتانیوم Ti-6Al-4V با استفاده از مدل گارسون پرداخته شده است. نتایج داده‌های عددی با تئوری و داده‌های تجربی مقایسه شده و همخوانی مناسبی بین داده‌ها مشاهده شده است. همچنین اثر پارامترهای فرآیند مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشانگر این است که افزایش نرخ چگالش در اثر تقدم حرارت بر فشار موثرتر است.

### واژه‌های کلیدی

فشردن داغ، Ti-6Al-4V، مدل تئوری، روش المان محدود

### مقدمه

Ti-6Al-4V پر مصرف‌ترین یا به اصطلاح "اسب کاری" آلیاژهای تیتانیوم است که در صنایع هوافضا، شیمیایی، پزشکی و دریایی کاربرد دارد. این آلیاژ دارای خواص مکانیکی مطلوب نظیر نسبت استحکام به وزن بالا، مقاومت خوردگی مناسب و پایداری شیمیایی در دمای بالای ۴۰۰°C است [۱]. هزینه بالای آلیاژهای تیتانیوم موجب محدودیت استفاده از آن در مصارف صنعتی با تکنولوژی بالا شده است لذا به کارگیری روشی مناسب جهت کاهش دورریز موجب صرفه‌جویی