

## عملیات حرارتی سوپر آلیاژ پایه نیکل نوع GTD-111

سید پدram شهیدی<sup>۱</sup>، علی جابری زمهریر<sup>۲</sup>، ابوالفضل شوقیان آلانقی<sup>۳</sup> و سعید سلطانی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> [pedram.shahidi.73@gmail.com](mailto:pedram.shahidi.73@gmail.com)

<sup>۲</sup> [alijaberizamharir8@gmail.com](mailto:alijaberizamharir8@gmail.com)

<sup>۳</sup> [abolfazl.shoghian7506@gmail.com](mailto:abolfazl.shoghian7506@gmail.com)

<sup>۴</sup> [saeid.soltani9696@gmail.com](mailto:saeid.soltani9696@gmail.com)

چکیده- سوپر آلیاژهای پایه نیکل نوع GTD-111 در قسمت های داغ موتور توربین های گازی به دلیل استحکام خزشی فوق العاده در دماهای بالا و همچنین مقاومت به خوردگی بالا مورد استفاده قرار می گیرند. برای دستیابی به خواص مطلوب می بایست کسر حجمی و مورفولوژی فاز  $\gamma'$  بهینه سازی گردد. این کار با مکانیزم رسوب سختی طی ۳ مرحله شامل همگن سازی (حل کردن)، محلول سازی جزئی و پیرسازی انجام می شود. این نوع آلیاژ همیشه در خلأ یا تحت اتمسفر گازی خنثی عملیات حرارتی می شود. در پایان، پس از عملیات حرارتی مجدد و مختلف، ریزساختارهای به دست آمده بر اساس برنامه‌ی عملیات حرارتی<sup>۶</sup>، همان ریزساختارهای بهینه ای برای خواص مکانیکی مطلوب در دماهای بالا می باشند.

کلمات کلیدی: بهینه سازی، سوپر آلیاژ GTD-111، عملیات حرارتی، رسوب سختی

### ۱- مقدمه

نیکل فاز آستنیت  $\gamma$  می باشد که دارای شبکه FCC است. این فاز توسط عناصر کبالت (Co)، آهن (Fe)، کروم (Cr)، مولیبدن (Mo)، تنگستن (W)، وانادیوم (V)، تیتانیوم (Ti) و آلومینیوم (Al) استحکام می یابد. همچنین این آلیاژ دارای مقادیر قابل توجه Al و Ti که در مجموع بیش از ۶٪ وزنی است می باشد که باعث ایجاد رسوب سختی از طریق فاز منظم  $L1_2$  بین فلزی  $Ni_3(Al, Ti)$  فاز  $\gamma'$  می شود. توزیع اندازه و مورفولوژی رسوب های  $\gamma'$  توسط دمای پیرسازی اعمالی تاثیر می پذیرد.

در سوپر آلیاژهای پایه نیکل از جمله GTD-111 استحکام در دمای بالا تابعی از کسر حجمی فاز  $\gamma'$  است؛ لذا خواص مطلوب با بهینه کردن کسر حجمی و مورفولوژی  $\gamma'$  ایجاد می گردد. این کار با مکانیزم رسوب سختی طی ۳ مرحله شامل همگن سازی (حل کردن)، محلول سازی جزئی و پیرسازی انجام می شود. این نوع سوپر آلیاژ همیشه در خلأ یا تحت اتمسفر خنثی عملیات حرارتی می شود.

عملیات حرارتی به گرم کردن و سرد کردن زمان بندی شده فلزات، سرامیک ها، آلیاژها و حتی شیشه ها گفته میشود که به منظور حصول خواص فیزیکی و مکانیکی مطلوب انجام می گیرد. سوپر آلیاژها، آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت با پایه نیکل، آهن و یا کبالت هستند که غالباً در دماهای بالاتر از ۵۰۰ درجه سلسیوس کار میکنند آنها با تلفیقی از خواصی چون استحکام، مقاومت خزشی مقاومت خستگی و مقاومت به خوردگی توانایی کار در دماهای بالا و مدت زمان طولانی را دارند. ترکیب استحکام دمای بالا و مقامت به اکسایش و خوردگی این مواد با دیگر مواد فلزی قابل مقایسه نیست. به این دلایل، سوپر آلیاژها غالباً در قسمت های داغ موتور های توربین جت همچون پره ها و محفظه های احتراق، تجهیزات عملیات حرارتی، واحد های شیمیایی و پترو شیمیایی و تجهیزات کنترل آلودگی و غیره به کار گرفته میشوند. در این آلیاژها از عناصر کاربیدزا و دیرگداز با نقطه ذوب بالا نظیر: تانتالم، مولیبدن و کروم و کبالت و تنگستن و نیز عناصر تشکیل دهنده فاز رسوبی گاما پریم مانند تیتانیوم و آلومینیوم استفاده شده است. فاز زمینه در سوپر آلیاژهای پایه