

**Сидорчук Олег Николаевич**

кандидат технических наук, старший исследователь

Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины, Украина

Центр исследований и технологий ИПМ Нинбо, Китайская Народная Республика

**КОВАНА СТАЛЬ С РЕГУЛИРУЕМЫМ АУСТЕНИТНЫМ  
ПРЕВРАЩЕНИЕМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЛЯ ГОРЯЧЕГО  
ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕДИ**

Использование матриц из стали с регулируемым аустенитным превращением при эксплуатации (РАПЕ) для горячего деформирования медно-никелевого сплава предусматривает повышенный ресурс эксплуатации по сравнению с легированной сталью Н10 (AISI, США) [1-3]. Актуально было бы расширить температурный интервал эксплуатации стали с РАПЕ не только выше критической точки  $A_3$  (горячее деформирование медно-никелевого сплава), но и ниже критической точки  $A_1$  (горячее деформирование меди). Слитки (массой 300 кг, размерами:  $\varnothing$  180-200 мм, длиной 1100 мм) из стали РАПЕ марки 4Х4Н5М4Ф2, получали электрошлаковым переплавом в корпорации «Tiangong International Co., Ltd.» (г. Даньян, провинция Цзянсу, Китайская Народная Республика). Химический состав стали 4Х4Н5М4Ф2 (по массе, %): 0,40–0,42 С; 3,8–3,9 Cr; 5,0–5,1 Ni; 3,7–3,8 Мо; 1,7–1,8 V и примесей 0,003–0,005 N; 0,004–0,005 S; 0,003–0,004 P; 0,072–0,075 Si; 0,23–0,24 Mn; 0,014–0,016 Al; 0,040–0,043 W; 0,010–0,013 Co; 0,018–0,020 Nb; 0,065–0,067 Cu; 0,002–0,003 Ca [4]. Для изготовления крупногабаритных деталей типа колес экструдеров (массой 60 кг, размерами диаметром 400 мм, толщиной 120 мм) из стали 4Х4Н5М4Ф2 для горячего деформирования меди, использовали технологическую операцию –ковки за температуры  $1170 \pm 20^\circ\text{C}$ .

Слитки исследуемой стали 4Х4Н5М4Ф2 подвергали отжигу  $750 \pm 20^\circ\text{C}$  для улучшения механической обработки при изготовлении матриц, проводили в компании Futec Co., Ltd (г. Нинхай, провинция Чжецзян, Китайская Народная Республика). Детали-экструдеры подвергались термической

обработки (закалка за температуры  $1100 \pm 10$  °С и отпуска –  $590 \pm 10$  °С) в компании «Dazhong Co., Ltd» (г. Нинхай, провинция Чжецзян, Китайская Народная Республика). В работе [5] более детально описана разработка оптимальных температурных режимов конечной термической обработки стали.

Промышленное испытание деталей-экструдеров (исследуемой стали 4Х4Н5М4Ф2) для горячего деформирования меди марки М1 (ГОСТ 859-2014), проводили под руководством компании Futec Co., Ltd (г. Нинхай, провинция Чжецзян, Китайская Народная Республика). После промышленного испытания деталей-экструдеров из кованой стали 4Х4Н5М4Ф2 показало отсутствие в них микро- и макротрещин по сравнению с деталями-экструдерами со сталью Н13 (АISI, США) в которой были значительные разгарные трещины. В работе [5] было установлено, что после промышленного испытания, предел прочности и твердости кованой стали 4Х4Н5М4Ф2 были намного выше, чем в кованой стали Н13 (АISI, США), которая применялась в производстве.



**Рис. Детали-экструдеры из кованой стали 4Х4Н5М4Ф2 для горячего деформирования меди марки М1 (ГОСТ 859-2014). Изготовлена в Центре исследований и технологий ИПМ Нинбо и компанией Futec Co., Ltd (г. Нинхай, провинция Чжецзян, Китайская Народная Республика)**

## Список источников:

1. Гогаєв К.О., Сидорчук О.М., Радченко О.К., Лук'янчук В.В. Спосіб термічної обробки сталі для гарячого пресування: *патент № 94746 Україна*, МПК С21 / D8 / 00.– № u201407076; заявл. 23.06.2014; опубл. 25.11.2014. – Бюл. № 22/ 2014, 4 с.
2. Гогаєв К.О., Радченко О.К., Сидорчук О.М., Лук'янчук В.В. Технологія виготовлення штампової сталі 40ХЗН5МЗФ для гарячого деформування. *Цільова комплексна програма НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин» Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України*. 2015. С. 669–672. *Patonpublishinghouse.com/rus/compilations/resurs2015*
3. Сидорчук О.М. Сталь з регулюванням аустенітного перетворення при експлуатації. *Metal Science and Treatment of Metals*. 2021. № 2. С. 47–53. <https://doi.org/10.15407/mom2021.02.047>
4. Гогаєв К.О., Радченко О.К., Сидорчук О.М., Миронюк Д.В. «Штампова сталь»: *патент № 141447 Україна*: МПК С22С 38/00, № u201909670; заявл. 05.09.2019; опубл. 10.04.2020. Бюл. № 7. 2020. 2 с.
5. Сидорчук О.М. Сталь з регулюванням аустенітного перетворення при експлуатації. *Metal Science and Treatment of Metals*. 2020. № 4. С. 30–38. <https://doi.org/10.15407/mom2020.04.030>