

УДК 621.73.019:620.192.43

DOI:10.35211/1990-5297-2023-7-278-28-30

*Ю. М. Шелухина, Д. В. Руцкий, Н. А. Зюбан, Я. Ю. Молоканова***ВЛИЯНИЕ СМЕЩЕНИЯ ВНЕОСЕВОЙ ЛИКВАЦИОННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ
НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ
ИЗ ЛЕГИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ****Волгоградский государственный технический университет**

e-mail: julsheluhina@rambler.ru

В работе приведены результаты исследования влияния внеосевой ликвационной неоднородности на механические свойства ковкой заготовки роторного вала стали 38ХНЗМФА. Изменение режимаковки с последующей термообработкой повлияло на классическое расположение внеосевой ликвации. Смещение внецентренной ликвации привело к образованию трещин и выходу их на поверхность поковки. Механические испытания образцов из дефектной зоны показали снижение пластических и вязкостных свойств на 30–47,6 %.

Ключевые слова: внеосевая ликвация, ковка, термообработка, механические свойства, пластичность, ударная вязкость.

*Yu. M. Shelukhina, D. V. Rutskiy, N. A. Zyuban, Ya. Yu. Molokanova***INFLUENCE OF DISPLACEMENT OF EXTRACENTRIC LIQUATION
INHOMOGENEITY ON MECHANICAL PROPERTIES
OF LARGE-SIZED PRODUCTS MADE OF ALLOY STRUCTURAL STEEL****Volgograd State Technical University**

The paper presents the results of a study of the effect of extracentric liquation inhomogeneity on the mechanical properties of the forged billet of the rotary shaft of 38CrNi3MoV steel. Changing the forging mode with subsequent heat treatment affected the classical location of the extracentric liquation. The displacement of the off-center liquor led to the formation of cracks and their exit to the forging surface. Mechanical tests of samples from the defective zone showed a decrease in plastic and viscous properties by 30–47.6%.

Keywords: extracentric liquation, forging, heat treatment, mechanical properties, plasticity, toughness.

Получение крупногабаритных изделий ответственного назначения, роторов валов турбогенераторов, корпусов реакторов и тому подобных связано с изготовлением слитков массой от 20 до 500 тонн.

С ростом массы слитка усиливается его пораженность различного рода дефектами. К ним относится общая ликвационная неоднородность, наиболее ярко выражающаяся в наличии области отрицательной ликвации в нижней трети слитка, а также в повышенном содержании ликватов в верхней части осевой зоны. Неоднородность химического состава металла наблюдается как по высоте, так и по сечению. Получение однородного по химическому составу слитка усложняется с увеличением массы кованных деталей и соответственно слитков для их производства (до 500т) [1–6]. Этот рост обусловлен постоянным увеличением требуемой единичной мощности агрегатов. Ряд дефектов, таких как осевая рыхлость и пористость, может устраняться при определенных операцияхковки. Но есть неустраняемые дефекты, наследу-

емые готовым изделием, как например, внеосевая ликвационная неоднородность [7].

На данный момент существует несколько гипотез образования внеосевой ликвации. В основу практически всех положен факт избирательной кристаллизации и скопления ликватов в межосных пространствах и перед фронтом кристаллизации. Различаются они, главным образом, трактовкой ведущего звена процесса формирования внеосевой ликвации [8].

В связи с влиянием внеосевой ликвационной неоднородности на качество металла представляется интересным случай образования трещины на заготовках стали марки 38ХНЗМФА при термообработке. Дефект образовался при изменении технологииковки. Изменили место закатки цапф под патрон кантователя. Если ранее закатку цапф производили с прибыли, то по измененной технологии – с поддона. При макроконтроле поволоков было обнаружено смещение осевой зоны и внеосевой ликвации на торце заготовки со II (прибыльного) конца. Эти заготовки были допущены на упрочняющую тер-

мооработку. Термообработка состояла из закалики и отпуска. Температура закалки – 870 °С; время подстуживания – 30–40 мин; охлаждение в масло – 6 часов; температура отпуска – 645 °С. При закалке в масле на цапфах прибыльного конца образовались продольные трещины с выходом на торцевые поверхности заготовок. Протяженность трещин на поверхности цапф составила 300 мм и по каналу – 60 мм. При отпуске трещины распространялись на протяженное состояние по телу слитка, а по наружной поверхности заготовок длина их доходила до 2110 мм. Максимальное раскрытие трещин составило 3 мм (изменению технологииковки подверглись слитки массой 100–125 т). Снятие серного отпечатка с торца цапф показало, что трещины располагались в зоне максимального смещения внеосевой ликвации. В дальнейшем было установлено, что смещение ликвации вызывается малой степенью обжатия при вытяжке в сочетании с малым углом кантовки [9]. Эти два фактора приводили к закрутке волокон и шнуров внеосевой ликвации, а незначительный отход металла со стороны прибыли при закатке цапф с поддона и создавал смещение (показано на рис. 1). Установление причин смещения ликвации позволило усовершенствовать технологию изготовления поковок и тем самым

исключить брак без уменьшения выхода годного металла. С этой целью цапфы под патрон стали закатывать, как и ранее, со стороны прибыли. Однако проведенное сравнение прочностных и пластических свойств металла на тангенциальных образцах из здоровой зоны и из зоны со смещенной ликвацией представляет особый интерес (данные приведены ниже в таблице). На рис. 2 представлена схема отбора проб на механические испытания с диска заготовки роторного вала.

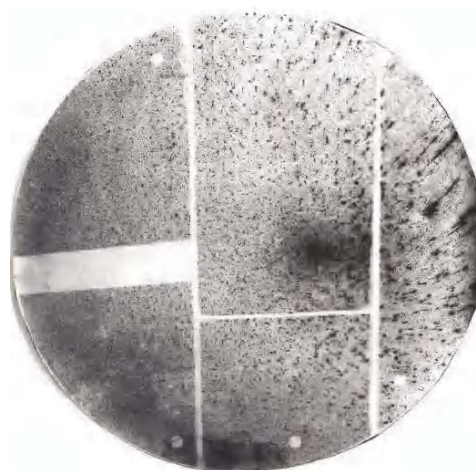


Рис. 1. Смещение внеосевой ликвации на цапфе заготовки роторного вала со стороны верха слитка, х 0,4

Механические свойства зоны основного металла и зоны со смещенной внеосевой ликвацией

Зона	№№ образцов	Механические свойства				
		σ_t , МПа	$\sigma_{вс}$, МПа	δ , %	ψ , %	KCU, Дж/м ²
Зона основного металла	1	676	813	22,5	56,5	1246
	3	676	804	18,5	39,5	1315
	5	666	815	16,0	37,5	981
	7	686	815	20,0	55,5	1236
	9	676	815	20,5	55,5	1315
	11	676	804	19,0	56,5	1393
	Среднее	676	810	19,42	50,16	1248
Зона со смещенной внеосевой ликвацией	1	676	804	23	56,5	922
	3	686	794	6,5	3,0	883
	5	686	843	13,5	16,0	451
	7	686	818	16	22,0	844
	9	686	823	14	30,0	1079
	11	701	843	8,5	30,5	–
	Среднее	687	821	13,58	26,3	836
Снижение свойств		–	–	30,0%	47,6%	33,0%

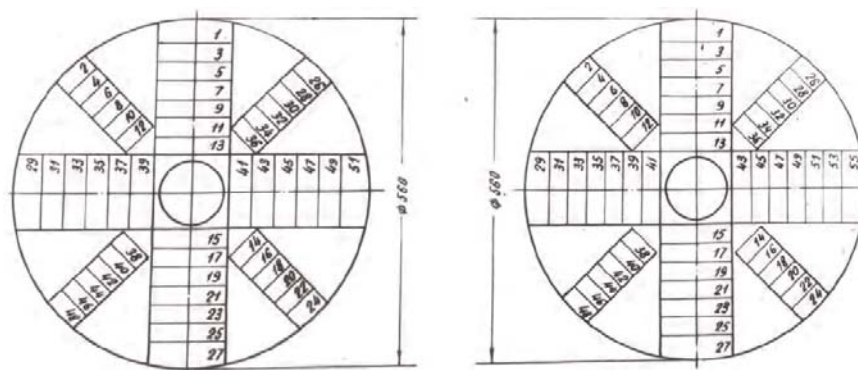


Рис. 2. Схема вырезки образцов из диска заготовки роторного вала

Согласно табличным данным в зоне со смещенной ликвационной неоднородностью наблюдается снижение пластических и вязкостных свойств на 30–47,6 %.

Данное исследование показывает, какое большое влияние оказывает внеосевая ликвация на качество металла из крупных слитков. Уменьшение степени развития внеосевой ликвации является одним из основных резервов повышения качества поковок ответственного назначения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зюбан, Н. А. Совершенствование технологии отливки крупных слитков с целью повышения надежности и эксплуатационной стойкости получаемых из них роторов турбогенераторов (Improvement of the casting technology for large ingots for rise of reliability and operating durability of a turbine set rotors manufactured of these ingots) / Н. А. Зюбан, Д. В. Руцкий // Черные металлы (Chernye Metally). – 2018. – № 2 (1034). – С. 32–38.
2. Загрязненность металла крупного слитка оксидными, сульфидными и окисульфидными включениями / С. Б. Гаманюк, Н. А. Зюбан, Д. В. Руцкий, Л. В. Палаткина // Металлург. – 2017. – № 1. – С. 23–28.
3. Features of the distribution non-metallic inclusions in the structural zones of a 24.2 ton ingot of 38ХНЗМФА steel / С. Б. Гаманюк, Н. А. Зюбан, Д. В. Руцкий, Л. В. Палаткина // CIS Iron and Steel Review. – 2016. – Vol. 11. – С. 40–44.
4. Влияние формы донной части слитков на распределение неметаллических включений, химическую неоднородность и механические свойства получаемых поковок / С. Б. Гаманюк, Д. В. Руцкий, Н. А. Зюбан, С. С. Коновалов, Д. Г. Шулешко // Технология машиностроения. – 2014. – № 2 (140). – С. 14–17.
5. Кузнечные слитки: проблемы качества и новые подходы / Н. А. Зюбан, Д. В. Руцкий, С. Б. Гаманюк, С. С. Коновалов // Черные металлы. – 2014. – № 7. – С. 17–21.
6. Жульев, С. И. Производство и проблемы качества кузнечного слитка : Монография / С. И. Жульев, Н. А. Зюбан ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2003. – 168 с.
7. Зюбан, Н. А. Развитие технологии получения крупных слитков и проблемы качества металла / Н. А. Зюбан, С. И. Жульев // Металлург. – 2009. – № 6. – С. 48–50.
8. Влияние технологии отливки слитков в вакууме на развитие зон ликвационной неоднородности / Ю. М. Шелухина, Н. А. Зюбан, Д. В. Руцкий, Ал. А. Шуклин, М. А. Черакшев // Известия ВолгГТУ : научный журнал № 2 (261) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2022. – (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении»). – С. 71–76.
9. Охрименко, Я. М. Теория процессовковки / Я. М. Охрименко, В. А. Тюрин. – М. : Высшая школа, 1977. – 296 с.