

По данным табл. 2 видно, что оба варианта – термообработка малотоннажных партий 850 стана и крупнотоннажных партий стана 370/150 позволяют достигнуть требуемых значений карбидной неоднородности на готовом прутке CZ6 – не более 6,3 и CZ7 – не более 7,4.

Таким образом можно сделать следующие выводы:

1. Гомогенизирующий отжиг позволяет достичь уровня карбидной сегрегации, необходимого для выполнения контрактных требований, CZ6 – не более 6,3 и CZ7 – не более 7,4.

2. При гомогенизации увеличивается выход годной продукции, но при этом увеличивается угар металла в печи и потребление природного газа, снижается производительность стана, увеличивается вероятность образования обезуглероженного слоя и поверхностных дефектов.

### Литература

1. Темлянец, М. В. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением / М. В. Темлянец, Ю. Е. Михайленко. – М. : Теплотехник, 2006. – 200 с.
2. Тлустенко, С. Ф. Теория и режимы нагрева и термообработки заготовок и деталей в процессах ОМД / С. Ф. Тлустенко. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2012. – 80 с.
3. Исследование дефектов непрерывно-литой заготовки диаметром 200 мм и причин их образования в условиях ОАО «БМЗ» / И. А. Ковалева [и др.] // Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 59–62.
4. ГОСТ 21014–88. Прокат черных металлов. Термины и определения дефектов поверхности.
5. Оптимизация нагрева заготовок из стали ШХ15СГ перед прокаткой / А. Б. Стеблов [и др.] // Сталь. – 2005. – № 5. – С. 58–61.
6. Савченко, С. А. Анализ влияния деформационных параметров прокатки на качество прутка из шарикоподшипниковой стали в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» / С. А. Савченко ; науч. рук. И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апр. 2019 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2019. – С. 116–119.
7. Савченко, С. А. Совершенствование технологического процесса горячей прокатки шарикоподшипниковых сталей в условиях стана 370/150 ОАО «БМЗ» УКХ «БМК» / С. А. Савченко ; науч. рук. И. В. Астапенко // Тез. докл. 19-й Междунар. науч.-техн. конф. молодых работников «Металл 2019», Жлобин, 3–6 июля 2019 г. / ОАО «БМЗ» УКХ «БМК». – Жлобин, 2019. – С. 37–38.
8. Астапенко, И. В. Анализ влияния гомогенизирующего отжига блюмов подшипниковых марок стали на качество проката / И. В. Астапенко, С. А. Савченко // Современные проблемы машиноведения : материалы XIII Междунар. науч.-техн. конф. (науч. чтения, посвящ. 125-летию со дня рождения П. О. Сухого), Гомель, 22 окт. 2020 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Филиал ПАО «Компания «Сухой» ОКБ «Сухого» ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель, 2020. – С. 100–102.

## ОПТИМИЗАЦИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ФЛАНЕЦ»

А. В. Хихлуха

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель М. И. Михайлов, д-р техн. наук, профессор

Современное машиностроение характеризуется повышением требований к геометрическим параметрам качества изготовления поверхностей деталей, их автоматизации и гибкости производства.

Задача оптимизации работы робототехнического комплекса (РТК), в условиях которого производится обработка деталей типа «Фланец», решалась поэтапно.

На первом этапе выполнялась эскизная компоновка вариантов РТК, т. е. выбирались варианты планировки РТК, обрабатываемое оборудование и конструкция робота. Все выбранные планировки выполнялись в виде 3D-моделей. В качестве транспортной системы использовался робот RS 605.

На втором этапе производился анализ РТК по критерию производительности. Для этого разрабатывались варианты циклограмм работы РТК. Для разработки циклограмм определялись необходимые движения промышленного робота.

Составлялись и решались уравнения положения центра схвата робота. По полученным уравнениям составлялись уравнения, позволяющие находить обобщенные координаты всех сочленений робота. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Углы поворота манипулятора в каждом из сочленений

Номер позиции схвата	Обобщенные координаты, град					
	$q_1$	$q_2$	$q_3$	$q_4$	$q_5$	$q_6$
0	0	0	-20,94	0	0	0
1	90	11,38	19,56	0	59,06	0
2	90	26,011	-3,556	0	67,545	0
3	90	115,521	-43,643	0	-71,878	0
4	90	113,573	-45,249	0	-68,324	0
5	90	115,521	-43,643	0	-71,878	0
6	-65,547	63,064	-64,13	0	91,066	0
7	-65,547	62,709	-58,304	0	85,595	0
8	0	97,724	-38,153	0	-59,571	0
9	-65,547	97,724	-38,153	0	-59,571	0
10	-65,547	83,503	-24,307	0	-59,196	0
11	-65,547	101,655	-64,661	0	-36,994	0
12	90	11,38	19,56	0	59,06	0
13	90	26,011	-3,556	0	67,545	0
14	90	73,793	-13,234	90	-90	90
15	81,149	71,03	-8,201	90	-81,149	90
16	75,293	95,085	-39,357	90	-75,292	90
17	-136,343	100,149	-119,594	0	109,445	0
18	-136,343	101,365	-103,238	0	91,873	0
19	-61,074	73,851	-10,122	90	-118,926	0
20	-70,731	80,798	-21,205	90	-109,269	0
21	-70,731	98,358	-60,036	90	-109,269	0

Затем разрабатывался маршрут перемещения манипулятора.

По полученному маршруту, времени перемещений и обработок строились циклограммы работы автоматизированного комплекса на обработку деталей.

На рис. 1–3 представлены циклограммы работы РТК при обработке деталей КЗК-10-0210905, КЗР 0101105 и КЗР 0101106.

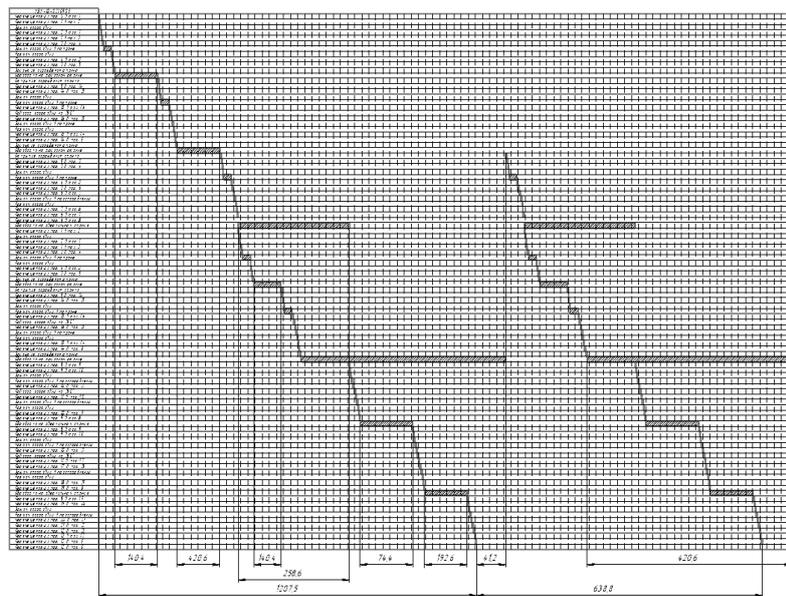


Рис. 1. Циклограмма обработки детали КЗК-10-0210905

На третьем этапе определялось количество деталей, изготавливаемых за одну смену:

$$n = \frac{T_{см} - (T_{п-3} + T_{об} + T_{от}) - T_{цикл1}}{T_{цикл2}} + 1,$$

где  $T_{см}$  – время рабочей смены, мин;  $T_{п-3}$  – подготовительно-заключительное время, мин;  $T_{об}$  – время на техническое обслуживание рабочего места, мин;  $T_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин;  $T_{цикл1}$  – время цикла обработки 1-й детали, мин;  $T_{цикл2}$  – время цикла обработки последующих деталей, мин.

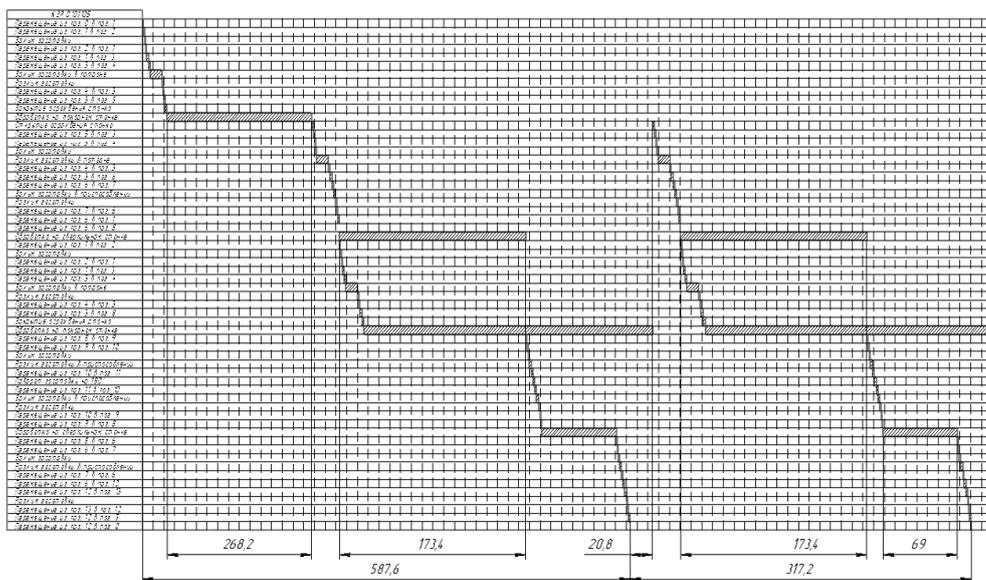


Рис. 2. Циклограмма обработки детали КЗР 0101105

