



УДК 621.81

Поступила 01.04.2015

ПРОИЗВОДСТВО ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ: ВОЗМОЖНА ЛИ ЗДЕСЬ ОПТИМИЗАЦИЯ?

BRAKE DISC PRODUCTION – IS OPTIMIZATION POSSIBLE?

МИХАЭЛЬ КОЛЬДИЦ, Дуйсбург, Германия, СЕОНГ-ХЕОН КАНГ, ХЕУНГ-ССУ КИМ, Поханг-Си, Южная Корея, ПЕР ЛАРСЕН, Копенгаген, Дания

MICHAEL COLDITZ, Germany, SEONG-HEON KANG, HEUNG-SOO KIM, South Korea, PER LARSEN, Denmark

В статье сравниваются различные аспекты производства тормозных дисков с использованием вертикальных безопочных формовочных линий и горизонтальных формовочных линий с горизонтальной полостью разъема. Показаны преимущества инвестиционных затрат вертикальной формовки и годового потребления энергии формовочных линий технологии DISAMATIC по отношению к отливкам. Приводится сравнение двух формовочных технологий на основе производственных данных литейного завода Сунгво (Южная Корея), производящего тормозные диски для Hyundai. Демонстрируются преимущества формовочной технологии DISAMATIC в плане затрат на инструменты и энергозатрат.

The article compares different aspects of brake disc production using vertically parted flaskless molding lines and horizontal parted tight flask molding lines. In the first section the vertical molding process demonstrates advantages in terms of investment costs. Furthermore, annual energy consumption of the molding lines in relation to castings produced is discussed, again demonstrating clear benefits from the Disamatic-technology. In the second section a comparison between two molding technologies for the production of brake discs is made on the basis of production data from the South Korean foundry Hyundai Sungwoo. The Disamatic molding process, however, offers advantages in terms of tooling costs and energy consumption.

Ключевые слова. Тормозные диски, технологическое оборудование, технология формовки, вертикальная формовка, горизонтальная формовка, производственные энергозатраты, брак отливок.

Keywords. Brake discs, technological equipment, molding technology, vertical molding, horizontal molding, energy savings, scrap of castings.

Ежегодно сообщается о новых рекордах в реализации автомобилей по всему миру, однако эти результаты не в равной степени охватывают все регионы земного шара. Наряду с утвердившимися автомобильными производителями на мировой рынок приходят новые, которые стремятся экспортировать свою продукцию на внешние рынки, выходящие за пределы их стран. Необходимо отметить, что сегодня у всех фирм, изготавливающих автомобили для различных рынков сбыта, стремительно развивается тенденция изготавливать промежуточную продукцию и комплектующие в условиях местного производства.

В то же время в индустриальных государствах из-за насыщения собственных рынков появились свободные производственные мощности. Стремительно растет конкуренция, а вместе с ней и ценовое давление, которое сказывается на производстве комплектующих. Оно охватывает также и производство промежуточной продукции, не является исключением и производство автомобильных отливок (как раз производители тормозных дисков и тормозных барабанов часто вынуждены разрабатывать новые стратегии, направленные на повышение эффективности производства).

В современных рыночных условиях ценовое давление для литейного производства не является чем-то новым. Сегодня необходимо постоянно переориентировать производство на новые модели и оптимизировать каждый отдельно взятый производственный этап в технологии литья. Но иногда понятие некоторых принципиальных основополагающих технологических решений становится настолько невозможным, как будто речь идет о смене религии. Того, кто однажды выбрал определенную технологию формовки, очень трудно переубедить от нее отказаться. Очень часто такая позиция основана на неподтвержденных слухах и неаргументированной информации о разных технологиях формовки.

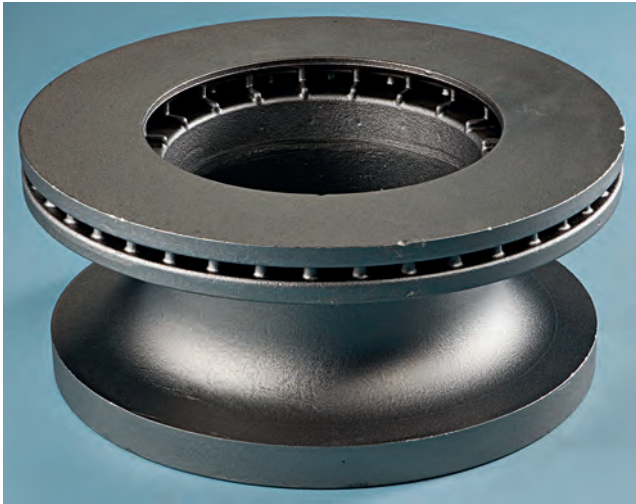


Рис. 1. Тормозные диски для грузовиков диаметром 19 см, изготовленные по технологии DISAMATIC

Доля производства тормозных дисков в мире, а также тормозных барабанов на машинах DISAMATIC в настоящее время составляет около 3, 5 млн. т в год (рис. 1). Распределение машин DISAMATIC в производстве таких отливок приведено в табл. 1.

Таблица 1. Распределение машин DISAMATIC в мире

Формовочная машина	Европа	Северная Америка	Южная Америка	Ближний Восток	Африка	Азия
DISA 230/2013	24	20	15	1	2	43
DISA 240/250/2130	5	9	3			9
DISA 270/2070	5	4	2			
DISAMATIC 2110						7
Общее	34	33	20	1	2	59

Из таблицы видно, что предпочтения способов формовки при изготовлении тормозных дисков изменяются от континента к континенту.

Из 50 последних формовочных машин, которые эксплуатировались в производстве тормозных дисков, 2/3 были поставлены в Азию, что является очевидным признаком развития рынка.

В то же время, когда речь заходит о новых инвестициях, приходится оценивать в первую очередь затраты самих инвестиций в будущее производство.

Затраты инвестиций

Затраты инвестиций – фактор, который часто недооценивается при первой калькуляции, так как эти расходы не учитываются в предложении поставщиков оборудования, например, создание фундамента для формовочной линии. Необходимо отметить, что для установки вертикальной формовочной машины в большинстве случаев достаточно только фундаментной плиты, отклонение которой на поверхности не должно превышать ± 20 мм. При этом максимальный изгиб не должен превышать 0,1 мм, так как это может привести к смещению литейной формы. В то же время для самой формовочной машины, входящей в состав формовочной линии, не нужны приямки, а допустимый максимальный изгиб имеет второстепенное значение, так как оборудование устанавливается на полу литейного цеха.

Простая компактная сборка вертикальных формовочных машин позволяет опять-таки экономить на затратах, которые могут стать очевидными не сразу. Важное преимущество вертикальной формовочной машины заключается в одновременной формовке обеих полуформ и сводке литейной формы. Благодаря этому производительность в литейном цеху существенно возрастает. Этот показатель можно рассчитать, если отнести годовую производительность в тоннах годных отливок к эффективно используемой площади для формовочных линий и их обслуживания. Расчет основных площадей приведен на рис. 2. Помимо площади, занимаемой самой формовочной линией DISAMATIC, речь идет и о площадях, характеризующихся дистанционными параметрами. Формовочные линии, разработанные фирмой DISA для про-

В связи с тем что рынок комплектующих запчастей достаточно большой, существуют определенные трудности при его анализе и отсутствуют точные данные о реализации тормозных дисков в мире. Однако на основании некоторых рыночных данных, а также информации от постоянных поставщиков автомобильной промышленности известно, что в настоящее время в мире производится около 6,5 млн. т тормозных дисков в год. При этом их изготовление осуществляется на безопасных формовочных машинах с вертикальной полостью разбема либо на опочных формовочных машинах с горизонтальной полостью разбема, в некоторых случаях – литьем в формы, изготовленные вручную. В процессе изготовления тормозных дисков и барабанов задействовано 149 формовочных машин DISAMATIC и 6 машин DISA MATCH на 91 литейном производстве.

изводства тормозных дисков, достигают годовой производительной плотности более 100 т/м² годных отливок. Этого показателя высокопроизводительные опочные машины с горизонтальной плоскостью разъема достигают только на 2/3 даже при условии использования многоярусных охлаждающих сооружений.

Сокращение энергозатрат в литейном производстве уже много лет играет важнейшую роль. До сих пор стремление снизить энергозатраты было сосредоточено в первую очередь на плавильном участке как самом энергоемком. Несмотря на то что потребление энергии при формовке составляет «всего лишь» от 8 до 12% от всей энергоемкости производства [1], сегодня следует использовать также и этот возможный потенциал. Это энергопотребление распределяется между процессом приготовления формовочной смеси и самой формовочной линией. Таким образом, энергозатраты на технологию формовки составляют только часть, которая в зависимости от типа машин может составлять от 30 до 55%.

Использование последовательно построенных на основании «критерия легкости» мощных вертикальных формовочных линий значительно снижает расход энергии (табл. 2). В этом случае следует проанализировать числовое выражение среднего годового потребления – киловатт на тонну годных отливок. Для повышения эффективности производства тормозных дисков литейные цеха должны принципиально работать в три смены. Если же соотнести годовой временной цикл производства и фактическое энергопотребление формовочного оборудования (состоящего из формовочной машины, стержнеукладчика, заливочного участка и охлаждающего конвейера) с годным количеством отливок в тоннах, то можно с уверенностью достичь энергопотребления, равного 10 кВт/ч. С таким показателем технология DISAMATIC однозначно впереди других формовочных технологий, так как эффективное энергопотребление на опочных формовочных линиях составляет только 20% от аналогичного параметра формовочных линий DISAMATIC.

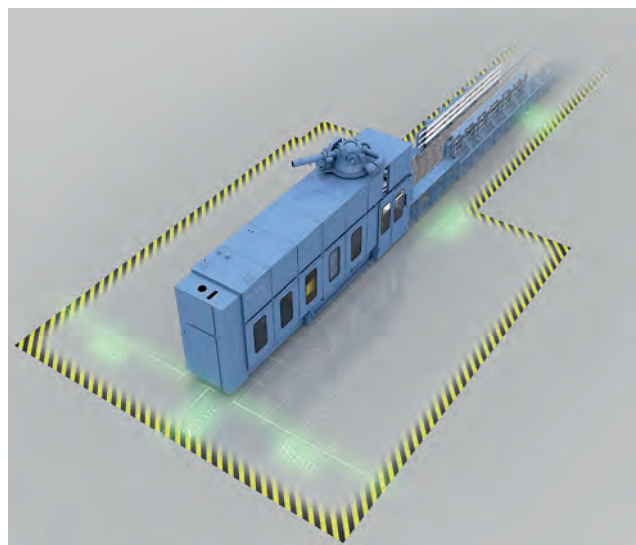


Рис. 2. DISAMATIC с необходимыми сервисными площадями

Т а б л и ц а 2. Общая потребляемая электрическая мощность формовочных линий DISAMATIC

Формовочная машина	Среднее потребление мощности, кВт	Общая потребляемая мощность, кВт/А
DISA 231	55	85
DISA 231 fast	60	85
DISA 240	75	105
DISA 250	90	145
DISA 270	110	155

Производство тормозных дисков и тормозных барабанов требует максимально возможных результатов при одновременно низких затратах. Формовочное оборудование DISAMATIC как нельзя лучше отвечает данным требованиям: простое в эксплуатации и работает на двух приводах: один – для формовочной машины, другой – для конвейера участка заливки и охлаждения. Вертикальная плоскость разъема создает дополнительные выполнения литниково-питающей системы, а также вентиляции потенциальных мест образования газоусадочных раковин в полости разъема. Дополнительные устройства, такие как, например, устройство для накалывания вентиляционных отверстий либо сверлильные приспособления не нужны. Сам технологический процесс производства осуществляется в большинстве случаев с одной линией охлаждения. Поперечные перемещения и необходимые для него приводы отсутствуют. Отсутствует необходимость выталкивания форм, поскольку не применяются опоки, что упрощает выбивку отливок, а также отделение от формовочной смеси. Не нужны возврат и очистка палет и опок. Только отсутствие этих затрат на дополнительное оборудование и инструменты, которые необходимы в опочных формовочных линиях, снижают инвестиционные расходы. Следует отметить, что инвестиционные затраты на опоки и палеты в некоторых случаях могут превышать инвестиции в оборудование

DISAMATIC. Известно, что такие расходы должны тогда ложиться на себестоимость отливки. Применение множества дополнительных устройств и приводов в механизме опочных формовочных линий, являющихся дополнительными источниками шума, еще одно свидетельство того, что более просты в использовании безопочные вертикальные формовочные системы. Текущие расходы на обслуживание и запчасти варьируются от цеха к цеху и могут оцениваться в 3% инвестиционных затрат в год. Это касается внешних закупок. Если процентный показатель в различных технологиях будет одинаковый, то абсолютный показатель будет отличаться. При анализе инвестиционных затрат, производительной интенсивности энергопотребления, доступности технического обслуживания, конечно, ценовые преимущества на стороне вертикальной формовочной техники. Не менее важной областью является также само технологическое оборудование, обеспечивающее выход годных отливок с высоким качеством, в том числе и с высококачественной фасонной поверхностью.

Технологическое оборудование

Высокая скорость формовки линий DISAMATIC является одним из важнейших преимуществ. Правда, скорость формовки определяет и очень короткое циклическое время заливки в форму. Для того чтобы, с одной стороны, использовать полную мощность линии, а с другой – заливать литейные формы, необходимо использовать соответствующие литниково-питающие системы с низкой металлоемкостью, но рассчитанные на высокие скорости заливки, что позволяет сэкономить на выходе годных отливок. Известно, что высокие скорости заливки были причиной большего количества брака. Во время проведения GIFA 2011 компанией DISA была представлена система двойной подачи форм, которая увеличивает время остановки формы за счет одновременной заливки двух форм. В то же время многие поставщики литейного оборудования предложили решения, которые использовали двойную подачу с преимуществом исключительно в собственных интересах.

Благодаря этой новой разработке повышается производительность, которая может быть использована в различных направлениях. Более длительное время заливки способствует сокращению объема литниково-питающей системы, что дает возможность высвободить место для дополнительного размещения отливок в форме. Более длительная остановка формы при одновременной заливке двух форм позволяет избежать ограничений в производительности линии из-за заливки. Таким образом, можно беспрепятственно залить дополнительные формы и в целом сократить количество брака отливок. Аналогичным образом возможна частичная комбинация обоих преимуществ (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Повышения производительности DISA 270-A посредством использования двойной подачи

Производственные параметры	Единичная подача	Двойная подача I	Двойная подача II
Количество тормозных дисков в форме	4	4	4
Диаметр тормозных дисков, мм	270	270	270
Масса диска, кг	8,5	8,5	8,5
Время заливки, с	10,4	13,3	13,3
Скорость заливки, кг/с	~4,5	~3,5	~4,5
Выход, %	~79	~82,5	~79
Масса литников, кг	~43,0	~41,2	~43
Необходимая производительность плавки, т/ч	~12,5	~13,3	~15,9
Количество тормозных дисков в 1 ч	1160	1288	1480
Энергозатраты на формовочной линии, кВт/т	12,4	10,0	9,7
Производительная плотность, т/м ²	~95	~105	~120

На рис. 3 показаны литники, которые лежат в основе данных табл. 3. Прокладка литниково-питающих систем для производства при использовании как единичной, так и двойной подачи схожа. Основные различия сосредоточены в поперечных полостях литниково-питающих систем, которые достаточно трудно распознать в визуальном графическом отображении (рис. 3). При увеличении времени заливки посредством двойной подачи от 10,4 до 13,3 с появилась возможность сократить скорость заливки с 4,5 до 3,5 кг/с. Тем самым, стало возможным применение литниковой чаши № 4 вместо № 5. Длина литниковых каналов и их поперечные размеры, а также размеры питателей тоже уменьшились. Стало возможным увеличение выхода на 3,5%. Одновременно производительность формовки увеличилась с 290 до

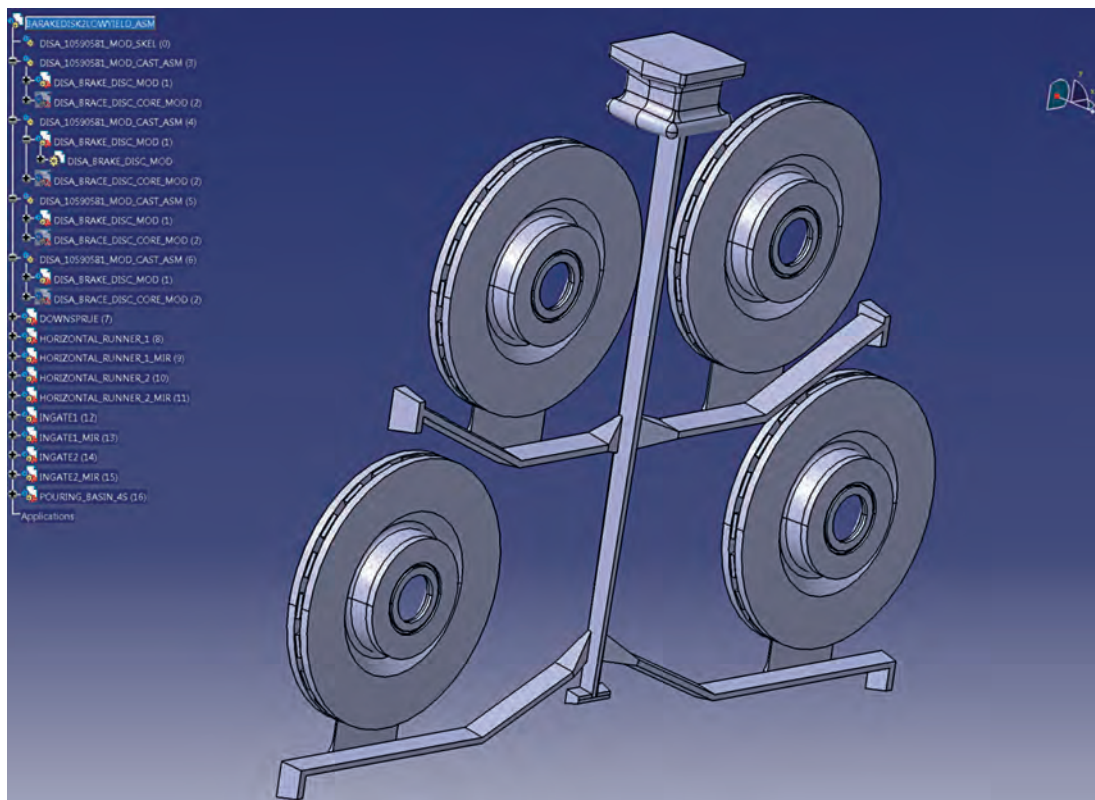


Рис. 3. Литники DISA 270-А

322 форм/ч. При этом существует возможность сохранения скорости заливки 4,5 кг/с при выходе годного литья 79%, в таком случае производительность формовки с двойной подачей увеличивается до 370 форм/ч.

Необходимо отметить, что если характер дефектов отливок принципиально различается в зависимости от технологии вертикальной либо горизонтальной формовки, доля брака примерно одинаковая. Если при вертикальной формовке проявляется микропористость, то при горизонтальной – усадочные раковины. Каждому опытному литейщику знакомы эти проблемы из его личного опыта работы по той или иной технологии формовки и он знает возможности их устранения.

После обработки и монтажа тормозных дисков в автомобиль невозможно распознать различия в технологии изготовления. Один ведущий и представленный во всем мире автомобильный концерн подтвердил, что на протяжении длительной эксплуатации не было выявлено качественных различий тормозных дисков, произведенных на вертикальной либо горизонтальной формовке.

Один из часто упоминаемых недостатков, особенно на крупных формовочных линиях DISAMATIC, – возникающее ферростатическое давление во время заливки формы. При этом вертикальные формовочные линии с высотой кома от 700 до 800 мм представлены на литейных производствах уже с 1977 г. В 1979 г. на литейном заводе, производящем тормозные диски, была введена в эксплуатацию первая линия DISAMATIC 2070-А с размерами кома 700×950 мм. Таким образом, опыт и решения таких проблем имеются уже на протяжении 35 лет. Конструкцией литниково-питающей системы также в определенной мере возможно сократить влияние ферростатического давления. Высота кома свыше 800 мм не рекомендуется производителем формовочных линий для производства тормозных дисков.

Двустороннее уплотнение литейной формы над модельной плитой отвечает за максимальную твердость формы на ее поверхности, однако ближе к центру кома формы она снижается. Это естественное преимущество процесса вертикальной формовки на горизонтальной опочной формовочной линии может достигаться посредством дополнительных затрат на интегрирование вторичной наполнительной рамки на опоре модельной плиты. Вторичная наполнительная рамка используется для уплотнения формы в приграничных областях.

В опочных линиях необходимо оборудование для соединения нижней и верхней полуформ. При этом возникает опасение смещения при механических колебаниях в процессе сборки. Следует постоянно контролировать износ штырей и втулок во всех опоках. Напротив, в вертикальной линии полученная форма перемещается при помощи модельной плиты из формовочной камеры и соединяется сразу же

с предшествующей формой. Исключение смещения формы, так же как и более высокие затраты на очистку в последующих процессах, значительно сокращается. Для отвода газов из формы во время заливки в вертикальном процессе достаточно выпоров, смонтированных на модельной плите, которые соприкасаются с верхней поверхностью формы. Повреждение формы при выполнении наколов либо сверлении выпоров также исключается.

Выбор технологии формовки имеет большое влияние на оборот формовочной смеси. При горизонтальной опочной формовке возможность регулирования количества смеси на верхней прессующей плите при формовке полуформы очень мала. Соотношения металла и формовочной смеси нередко на площади формы составляют от 1:3 до 1:12. Это вызывает дополнительные трудности в процессе смесеприготовления (в охлаждении и гомогенизации формовочной смеси). Вытекающие отсюда качественные проблемы влияют на результат производства в целом. Используемая формовочная смесь должна приготавливаться при оптимальной температуре 40 °С.

Здесь проявляются преимущества вертикальных формовочных линий и их переменной толщины кома. В управлении процессом вертикальных формовочных линий поддерживается постоянное соотношение металла и смеси. Из-за небольшой высоты моделей для производства тормозных дисков литейное производство может адаптировать соотношение металла и смеси своим потребностям. Из-за этого постоянного соотношения формовочная смесь получает относительно равномерную термическую нагрузку – преимущество, которое с благодарностью признает каждый контроль качества. В отличие от горизонтальных опочных формовочных машин здесь почти нет пересыпки песка, а формовочное и смесеприготовительное оборудование может быть рассчитано на меньшие объемы, что значительно снижает энергозатраты.

Опыт литейного производства автомобильного завода Hyundai Sungwoo (Корея)

Литейное производство на автомобильном заводе Hyundai Сунгво в Корее начало свою работу на опочной формовочной линии размерами 900×700×250/250 мм в мае 1987 г. в г. Поханг (Южная Корея). На площади 60 000 м² в настоящее время работают 410 сотрудников. Актуальная мощность литейного завода составляет 148 000 т годных отливок. В 2013 г. было произведено 121 000 т литья, а на 2014 г. запланировано 127 000 т. Литейный завод производит автомобильное литье GJL и GJS. В 2012 г. на формовочной линии была заменена формовочная машина, благодаря чему производство тормозных дисков достигло цикла 15,2 с. Кроме того, на еще одной опочной формовочной линии тех же размеров, в которой циклическое время составляет 20 с и которая предназначена для других отливок автомобильной промышленности, в 2005 г. были введены в эксплуатацию две линии DISA 240-C (размеры 600×850×150 до 500 мм при циклическом времени 9,3 с).

Все линии, производящие тормозные диски, работают непосредственно с охлаждающим барабаном, а также проходными дробеметными установками. Поскольку производственный процесс выстроен одинаково и обе линии работали примерно 4500 ч в 2013 г., можно сопоставить данные первой опочной формовочной линии с двумя более ранними DISA 240-C. На обеих линиях производятся только тормозные диски. При этом из-за своих размеров они поразному распределяются на линии.

DISA 240-C снабжена надежной системой транспортировки стержней, включая ситчатый фильтр и даже робот для укладки стержней. Оба стержня, а также ситчатый фильтр, устанавливаются на фиксированных позициях (рис. 4, 5). Для достижения приемлемой эффективности линии на DISAMATIC изготавливаются тормозные диски диаметром от 260 до 325 мм. Более мелкие модели, а также одна более крупная изготавливаются на горизонтальной формовочной линии (рис. 6–8). На горизонтальной формовочной линии производятся два больших тормозных диска либо до 6 мелких дисков на форму (табл. 4), в то время как DISAMATIC производит два диска на форму. Распределение брака формовки приведено в табл. 5.



Рис. 4. Модельная плита для DISA 240-C

Таблица 4. Сравнение производительности на горизонтальной и вертикальной формовочных линиях в 2013 г.

Линия	Производительность, т/год	Отливки шт./год	Брак в целом	Брак на формовке
Опочная формовочная линия	42 000	4 128 592	30 703 (0,8%)	17 217 (0,40%)
DISAMATIC	43 000	3 433 961	24 576 (0,74%)	5 151 (0,15%)

Таблица 5. Процентное соотношение брака на горизонтальной и вертикальной формовочных линиях (см. табл. 4)

Линия	Усадочные раковины, %	Трещины, %	Смещение, %	Поломка стержня, %	Наплыв, %	Выбойны, %
Опочная формовочная линия	76,55	16,32	0,2	6,52	0,37	0,13
DISAMATIC	93,32	5,49	0	1,06	0,11	0

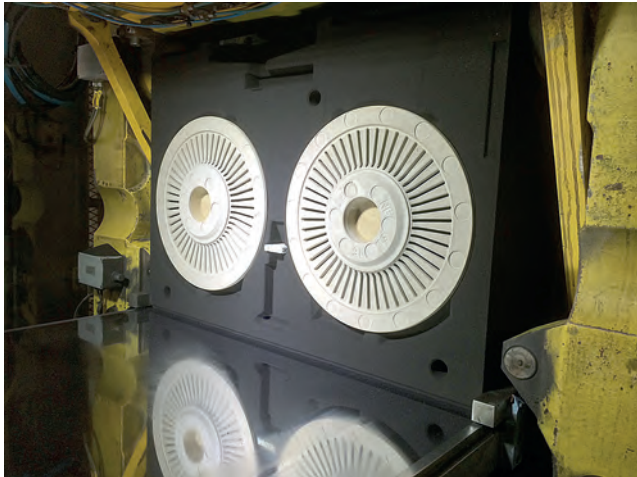


Рис. 5. Робот для укладки стержней на DISAMATIC



Рис. 6. Стержни в коме формы



Рис. 7. Стержни в опочке



Рис. 8. Модельная плита опочной формовочной линии

Процентное соотношение брака, вызванного формовочной линией, в настоящее время достигает показателя, приближенного к желаемому, – отсутствию дефектов.

Если сравнить производительность линий и количество брака на них, то необходимо сравнить также их готовность. Данные для их сравнения, предоставленные литейными цехами автомобильного завода Hyundai Сунгво (Корея), приведены в табл. 6.

Благодаря руководству литейного завода отделы производства и технического обслуживания гарантируют очень высокую готовность обеих линий. Здесь практикуют также превентивное техобслуживание и постоянно повышают квалификацию персонала, так что в будущем можно рассчитывать на более высокую производственную готовность.

Таблица 6. Причины простоя

Линия	Общая готовность, %	Время простоя	Простой, %
DISAMATIC	94	Смена моделей	1,4
		Сбой машины	1,8
		Ожидание металла (смена материала)	1,2
		Смена сплава	1,0
		Другое	0,6
Опочная формовочная линия	94	Ожидание металла (смена материала)	2,7
		Сбой машины	2,5
		Опорожнение заливочной печи	0,3
		Очистка модельных плит	0,1
		Смена палет	0,1
		Другое	0,3

Для обеих технологий в качестве основы для моделей и модельных плит используется металл. Срок эксплуатации модельных плит по этим технологиям составляет 400 000 формовок. Стоимость инструментов значительно отличается от сопоставимых моделей на южнокорейском рынке. Так, стоимость стержневых ящиков для изготовления стержней по технологии DISAMATIC составляет всего 70% сопоставимых стержневых ящиков на опочной формовочной линии. Цены модельных плит на вертикальной формовочной линии составляют примерно 74% от цены на горизонтальной формовочной линии.

В вопросе смещения и точности размеров отливок пока не было предпринято детальных исследований. На обеих технологиях принципиальных различий нет. На всех отливках к диаметру добавляют слой в 5 мм на обработку. Обработка литья на 100% осуществляется на собственном производстве, поэтому в случае возникновения проблем по качеству о них сразу же сообщают (рис. 9).

В области техники и технологии литниковых систем и выхода годного литья DISA смогла достичь значительной оптимизации литейного производства благодаря разработке рациональной с точки зрения аэрогидродинамики литниково-питающей системы. Так, общая масса литниковой системы с двумя тормозными дисками в традиционной технике и технологии литниковых систем составляла 35,9 кг. Из них 12,9 кг приходилось на литниковую заливочную чашу и литник. Выход годного литья составлял 64,7%. С применением новой технологии доля заливочной чаши и литника была сокращена до 8,2 кг. Общая масса литниковой системы снизилась до 31,4 кг, а выход готового литья повысился до 73,9%.

Сравнение потребления электроэнергии на обеих линиях на данном литейном производстве не представляется возможным. Однако нет никаких сомнений, что вертикальный процесс формовки имеет значительные преимущества. Правда, на литейном предприятии возможно сопоставление энергопотребле-

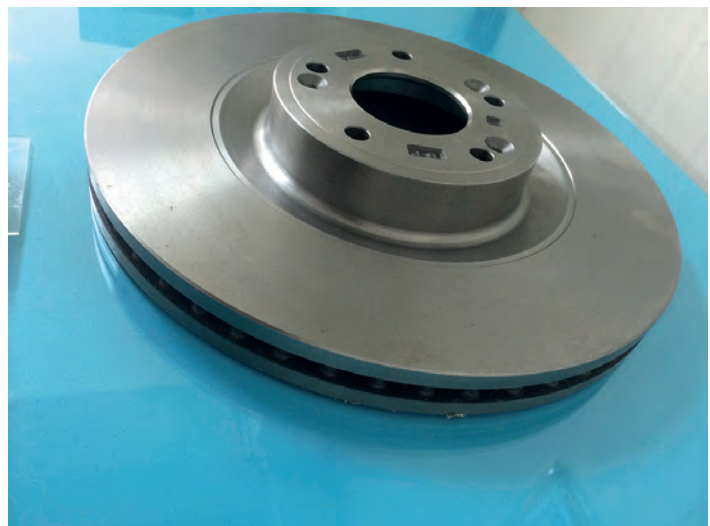


Рис. 9. Обработанные тормозные диски, изготовленные на литейном заводе Hyundai Сунгво

ния производственного оборудования, включая фильтровые установки, вибротранспортеры, бункеры готовой смеси, конвейера и охладительные установки. Так, почасовое потребление энергии на опочной производственной линии составляет 625 кВт/ч, а на линии DISAMATIC – 232 кВт/ч. Эти показатели не учитывают расход подогреваемых заливочных печей. Однако формовочные линии включают в себя установки подготовки сырья смеси различных производителей на 120 т/ч, которая необходима из-за пространственного разделения, а также из-за различных требований к сырью смеси. Энергопотребление установки подготовки сырья смеси для вертикальной формовочной линии составляло в 2013 г. в среднем 530 кВт/ч, для горизонтальной формовочной линии – 540 кВт/ч.

Выводы

Приведено сравнение различных аспектов производства тормозных дисков на вертикально и горизонтально разделяемых формовочных линиях. Преимущества при инвестиционных затратах на вертикальную формовочную технику являются очевидными. Речь идет о годовой производительной плотности в тоннах на квадратный метр имеющейся в наличии заводской площади. При этом использование площади рассматривается в соотношении с производительностью. Мы соотнесли ежегодное потребление энергии формовочных линий с производимым литьем. И здесь выявлены однозначные преимущества формовочной технологии DISAMATIC. Дальнейшее развитие вертикальной технологии формовки рассматривается с перспективы ее влияния на технологическое оборудование. Возможное повышение выхода либо повышение производительности демонстрирует дальнейший потенциал оптимизации расходов в литейном производстве.

На основании производственных данных южнокорейского литейного цеха автомобильного завода Hyundai Сунгво (Корея) проведено сравнение между технологиями горизонтальной и вертикальной формовки в изготовлении тормозных дисков. В результате сравнения были выявлены значительные различия в производительности, количестве брака и качестве горизонтальной и вертикальной формовочных линий. Относительно затрат на инструменты и энергию преимущества – на стороне технологии формовки DISAMATIC.

Литература

1. ОАО Институт литейного оборудования; «Энергоэффективное литейное производство» (Версия 1.0) Дюссельдорф, 2008.

References

1. Institut für Gießereitechnik gGmbH; «Energieeffizienter Gießereibetrieb» (Version 1.0) Düsseldorf 2008.

Сведения об авторах

Михаэль Кольдиц, Дуйсбург (Германия) – закончил высшую инженерную школу литейных технологий им. Георга Шварца (Лейпциг), с 1999 г. Региональный менеджер по продажам компании DISA Industries A/S г. Таструп (Дания). E-mail: michael.colditz@noricangroup.com.

Сеонг-Хеон Канг – закончил факультет металлургии и инжиниринга Корейского университета в Ульсане, бакалавр. С 1955 г. работает ведущим инженером-исследователем в отделе развития литья в компании Hyundai Sungwoo.

Хеунг-Су Ким, Поханг-Си/Южная Корея – в 2011 г. закончил факультет материаловедения и инжиниринга национального университета в Андоне. Работает инженером-исследователем в отделе развития литья в компании Hyundai Sungwoo.

Пер Ларсен, Копенгаген/Дания – в 1996 г. закончил литейный факультет Датского технического университета, магистр естественных наук. Работает менеджером в отделе инноваций компании DISA Industries A/S г. Таструп (Дания).

Information about the authors

Michael Colditz, Duisburg (Germany): graduated from the high school of engineering of casting technologies them. George Schwartz (Leipzig), since 1999 the Regional Sales Manager, DISA Industries A / S of Taastrup (Denmark). E-mail: michael.colditz@noricangroup.com.

Seong-Heon Kang, B. Sc.: graduated from the Faculty of Metallurgy and Engineering at Korea University in Ulsan. Since 1955 is a senior research engineer in the department of casting of Hyundai Sungwoo.

Heung-Soo Kim, M. Sc.: in 2011 graduated from the Faculty of Materials Science and Engineering National University in Andong. He works as an engineer-researcher in the department of casting of Hyundai Sungwoo.

Per Larsen, M. Sc.: in 1996 he graduated from the Faculty of Foundry Danish Technical University, Magister of Natural Sciences. He worked as a manager in the Department of Innovation DISA Industries A / S of Taastrup (Denmark).