

**Ю. Голенков**

## Производство тракторных отливок на Минском тракторном заводе

Сегодня в мире насчитывается >100 производителей тракторов. Однако лишь восемь из них обеспечивают 96% общего объема мирового рынка сбыта этой техники, и ПО "Минский тракторный завод" (МТЗ) входит в их число. При этом на долю МТЗ приходится 8...10% мирового рынка тракторов в своем классе.

Минский тракторный завод был основан 29 мая 1946 г. За более чем полувековую историю своего существования завод превратился в одного из крупнейших производителей сельскохозяйственной техники в мире, на котором работает ~20 тыс. чел. За это время МТЗ произвел >3 млн тракторов, из которых >500 тыс. поставлено в ~100 стран.

МТЗ разрабатывает, изготавливает и экспортирует колесные тракторы, запасные части, организует на лицензионной основе их производство, оказывает услуги по налаживанию и проведению сервиса. Сегодня заказчикам предлагаются 62 модели разных видов машин, более чем в 100 сборочных вариантах для всех климатических и эксплуатационных условий. Новые модели тракторов обладают широкими возможностями агрегатирования с сельхозмашинами различных производителей. На все продаваемые тракторы получены международные сертификаты, подтверждающие их соответствие стандартам Евросоюза. МТЗ, помимо тракторов, предлагает потребителю широкий ассортимент машин спецназначения для заготовки и ухода за лесом, погрузчики, машины для коммунального хозяйства, для работ в шахтах.

Осваивая зарубежные рынки, МТЗ провел сертификацию в институте Silsoe (Великобритания)

всех выпускаемых тракторов на соответствие стандартам ЕС. В начале мая 2000 г. предприятие получило сертификат соответствия системы качества по ISO-9001 на проектирование и производство тракторов. А это значит, что на заводе создана система качества, соответствующая требованиям международных стандартов. Это подтвердили и результаты сертификационного аудита, проведенного фирмой TÜV-Тюрингия (Германия).

По данным маркетинг-центра предприятия, в I полугодии 2007 г. МТЗ увеличил объем экспорта продукции на 48,9% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Объем экспорта МТЗ за 6 мес. составил \$416,7 млн. Наибольший прирост экспорта — в торговле со странами СНГ (кроме России). Завод продолжает также осваивать рынки Лат. Америки, Азиатского региона, Африки и Вост. Европы. Среди приоритетов — расширение рынка сбыта в России и странах СНГ.

**Возможности металлургического производства.** Изготовление чугунных отливок — 0,5...250 кг, стальных отливок — 2,5...70 кг, отливок по выплавляемым моделям — 0,01...1 кг, поковок — 0,1...50 кг.

Литейное производство МТЗ неплохо оснащено, например, современным импортным немецким формовочным оборудованием фирмы HWS-Sinto и 100-л стержневым автоматом фирмы Laempe. Термическое, химикотермическое производство имеет весь набор оборудования для процессов объемной и поверхностной обработки металлов: цементации, нитроцементации, азотирования, борирования, оксидирования.

**Чугунолитейное производство** завода — это два литейных цеха по производству отливок из СЧ: цех крупных корпусных отливок массой 35...250 кг и цех мелких и средних отливок массой 0,5...55 кг. Две АФЛ фирмы HWS-Sinto (действующая и запускаемая) имеют размер опок 1150×950×400/400 и 1150×950×400/400 мм и производительность 40 и 140 форм/ч, соответственно.

**Сталелитейное производство** завода организовано в сталелитейном цехе с производством отливок массой 2,5...70 кг. Изготовление форм — из песчано-глинистых смесей, а для выплавки стали установлены дуговые 5-т печи. Очистка отливок — в очистных дробеметных камерах и барабанах периодического и непрерывного действия.

**Литье по выплавляемым моделям.** Производство мелких отливок сложной конфигурации массой от 10 г до 1 кг, с толщиной стенок 1,5...2 мм организовано в цехе точного стального литья методом ЛВМ.



▲ Рис. 1. Формовочная машина EFA/ZFA-SD5 второй АФЛ фирмы HWS-Sinto для МТЗ (GIFA-2007)

**Термическое производство.** На заводе освоены многие виды термообработки, такие, как прерывистая закалка в воду заготовок, поковок из хромистых, хромокремнистых марок стали; изотермический отжиг легированных заготовок, поковок из легированных марок стали; "светлая" закалка деталей в печах фирмы "Эльтерма"; химико-термическая обработка деталей с автоматическим регулированием и контролем печной атмосферы; цианирование деталей в соляных ваннах; борирование деталей, инструмента в порошках, обмазках; электролитное борирование деталей в соляных ваннах; азотирование, карбонитрирование деталей в шахтных печах; термообработка ТВЧ.

Большое внимание уделяется современному программному обеспечению, позволяющему моделировать на компьютере литейный процесс, благодаря чему становится возможным детальное понимание многих аспектов техпроцесса изготовления отливки и получение ответов на многие сложные вопросы. Моделирование обычно состоит в расчленении техпроцесса на основные части и рассмотрение каждой в отдельности на предмет оценки основных технологических и физических параметров. Например, моделирование заливки литейной формы позволяет ответить на вопросы: обеспечивает ли данная литниковая система требуемый режим заполнения, как нужно изменить отдельные элементы литниковой системы, чтобы получить на питателях требуемый расход и скорость течения металла?

С помощью моделирования можно предсказать захват воздуха металлом и места, где быстрое перемерзание потока приведет к образованию "недоливов". Возможность отслеживания поверхностных дефектов в программе *FLOW-3D*<sup>®\*</sup> позволяет

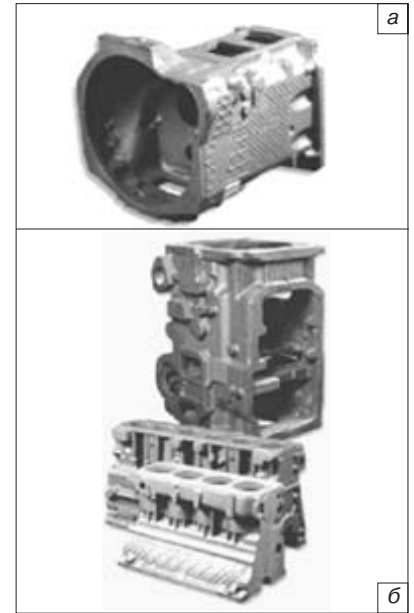
\* Программа разработана московским представительством компании Flow Science. С ее помощью проведено компьютерное моделирование блока цилиндров.

предсказывать места наиболее вероятного расположения в отливке окисных плен и неслитин. Располагая такой информацией, можно оптимизировать техпроцесс, изменяя положение отливки в форме, систему вентиляции, начальные температуры формы и металла и другие параметры. Моделирование позволяет не только быстро получить ответ на вопрос: "А что если ...?", но и быстро принять решение о необходимом изменении технологии и при этом обойтись минимальными затратами.

При моделировании затвердевания можно выяснить степень внутренней пористости в отливке, происходящей в результате усадки металла, и проанализировать условия ее охлаждения, высокая степень неоднородности которых приводит к неоднородности микроструктуры. Другие процессы, связанные с затвердеванием, такие как ликвация, внутренние напряжения и деформации, температурные режимы одноразовых и многоразовых литейных форм также могут быть исследованы с помощью моделирования. Детальное представление температурного поля в системе *отливка-форма* помогает оценить кинетику процесса затвердевания и при необходимости принять решение об изменении условий охлаждения или температуры заливаемого металла.

Программа *FLOW-3D* полезна при определении плотности отливки, поскольку суммарная пористость определяется как усредненными процессами, так и воздухом, замешанным в расплав на технологических переходах.

Первая линия *HWS-Sinto* работает на МТЗ ~8 лет. АФЛ с формовочной машиной *HSP-4D* с размерами опок 1150×950×400/400 мм имеет производительность 40 форм/ч и используется для производства отливок блок и головка блока цилиндров для сельхозтехники из СЧ и ЧШГ. Заполнение формы смесью и медленная подача воздуха с по-



▲ **Рис. 2.** Отливки производства МТЗ на линиях фирмы HWS-Sinto: а — корпусная, б — блок цилиндров

следующим прессованием обеспечивают хорошую заполняемость формы, что позволяет получать высокую точность отпечатка модели, необходимую газопроницаемость формы (ее увеличение от модели к наружным слоям), повысить стойкость моделей, улучшить условия труда. Формовочные машины *HWS* позволяют одновременно изготавливать верхние и нижние полуформы, они легко встраиваются в существующие конвейеры. Так, в одном из литейных цехов Германии АФЛ включает в себя две выбивные решетки раздельно — для мелких и крупных отливок, для незалитых и бракованных форм.

При заключении первого контракта между фирмой *HWS-Sinto* и МТЗ было принято решение, что "сердце" линии — формовочный автомат *HSP-D*, а также устройство для выталкивания кома из опок и автомат для установки стержней поставляет фирма *HWS-Sinto*, остальное оборудование, включая общий проект АФЛ, — МТЗ. Это позволило сэкономить значительные средства МТЗ в тяжелые годы спада экономики, а также использовать существующее оборудование. В результате были

получены отливки высокого качества (рис. 3) при оптимизации расходов.

При разработке проекта было принято решение изготовить транспортные системы и выбивную решетку своими силами, а для приготовления формовочной смеси использовать существующие бегуны фирмы *Gisag*. Опочная оснастка была изготовлена на Минском заводе им. Октябрьской революции, а в Германии закуплены качественная гидравлика и система управления. Заблаговременно были подготовлены кадры. Будущие наладчики линии *HWS-Sinto* и *MTЗ* работали на монтаже совместно. При запуске и освоении линии не стремились получить максимальный результат — сразу достичь производительности 40 форм/ч, а решалась задача отработки и освоения нового оборудования и технологии. Монтаж и наладку линии осуществляли специалисты тракторного завода и других предприятий.

По результатам пуска и освоения комплекса технологического оборудования отмечено следующее:

- формовочная смесь не в полной мере соответствует требованиям АФЛ;
- следует улучшить выбиваемость стержней;
- для более полного решения технических и экологических проблем вагранки необходимо заменить индукционными печами.

Оборудование для механизации транспортных операций АФЛ было изготовлено, смонтировано и отлажено силами завода. Для улучшения охлаждения литейных форм в линию была встроена ветвь охлаждения. Осталась нерешенной проблема формовочной смеси. Для повышения ее качества завод закупил в Германии систему контроля влажности.

Хотя кварцевые пески, используемые на заводе, в меньшей степени влияют на работу линии, чем бентонит, однако желательно иметь пески более однородные, зернистостью 0315 и с меньшим содержанием глинистой составляющей. Завод вынужден был отказаться от Воскресенских песков и вернуться к использованию Гомельских песков.

*Вторая линия ZFA-SD 5.* После установки и запуска первой линии по Сейатцу-процессу 8 лет назад завод *MTЗ* вновь выбрал поставщиком второй, теперь уже полностью комплектной формовочной линии, компанию *HWS-Sinto*. При изготовлении первой линии выяснилось, что производство отдельных узлов на непрофильных заводах СНГ, даже по чертежам немецкой фирмы, занимает значительное время и обходится дороже, так как быстрые сроки запуска линии гораздо важнее других факторов. Ведь АФЛ, как правило, работают без остановки в течение многих смен, а иногда и недель, поэтому простой линии или отсрочка в своевременном запуске сильно сказываются на экономических показателях заводов, что в случае с *MTЗ* недопустимо. С учетом всех нюансов производства и запуска



▲ Рис. 3. Отливка блок цилиндров *MTЗ*, изготовленная на первой линии *HWS-Sinto* (выставка "Литмаш-2004")



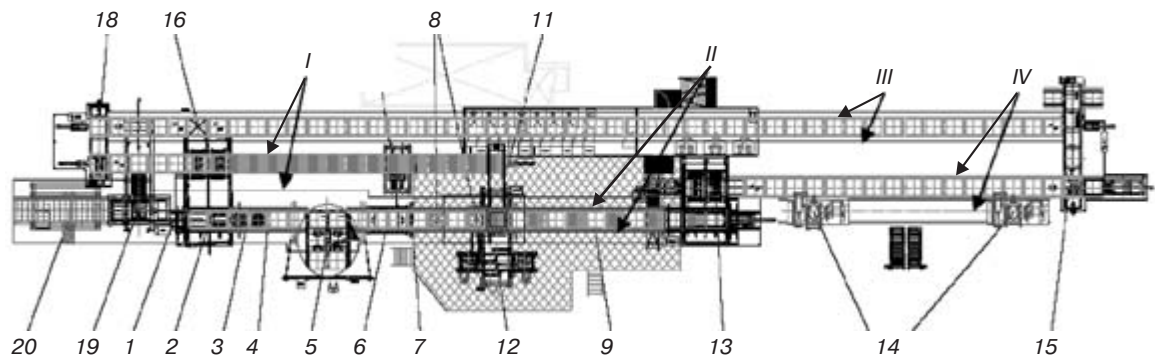
▲ Рис. 4. Приемка делегацией *MTЗ* у фирмы *HWS-Sinto* предварительно собранной в монтажном цехе и проверенной линии (июль 2007 г.). Dr. K. Muschna (менеджер *HWS-Sinto*), В. Матусевич, С. Кокора, С. Дроздов, Д. Церлюкевич (*MTЗ*)

первой линии обоснованное решение было принято в пользу комплектности линии *HWS-Sinto*.

Новый контракт завода *MTЗ* и компании *HWS-Sinto* на поставку второй АФЛ включает в себя поставку и монтаж:

- одной АФЛ Сейатцу для сырых смесей типа *ZFA-SD5* с автоматическим протановщиком стержней;
- двух заливочных машин типа "GIMA 12";
- установки для смешивания и устройства отделения отливки от смеси.

Линия будет установлена на втором этаже литейного цеха № 2 действующего производства. Программа включает производство 6-цилиндровых *блоков двигателей, головок цилиндра и корпусов коромысел* для тракторов в опоках размером 1150×950×400/400 мм. Производительность новой линии: 140 форм/ч, время охлаждения ~100 мин, само же охлаждение происходит в углубленном на первый этаж многоуровневом охладителе. Высота болванов (max) в форме 350 мм, тактовый цикл формовочной машины *ZFA* — 18 с, давление пресования регулируется до 150 Н/см<sup>2</sup>. Потребление формовочной смеси ~175...200 т/ч, устройство управления — *Siemens S7*.



▲ Рис. 5. Вторая формовочная линия: I — линия обратного хода, II — формовочная линия, III — линия охлаждения, IV — линия заливки

Формовочные автоматы оснащены многоплунжерной головкой и поворотным столом. Верхние и нижние полуформы производят одновременно. Смена моделей — автоматическая во время рабочего цикла с помощью поворотного стола. Существует возможность формовать модели по схеме А–В–А–В. Техпроцесс производства форм полностью автоматизирован.

Вторая формовочная линия (Сейатцу, Тип "EFA-ZFA-SD 5") состоит, в основном, из формовочной машины, участков формовки и транспортировки полуформ, сверлильных систем, устройства простановки стержней, кантователей, линий заливки и охлаждения, станции выбивки, системы смесеприготовления и др.

**Порядок работы линии.** После процесса выбивки пустые пары опок стационарно раскрепляют на линии обратного хода и при помощи устройства перемещения и распаривания пустых опок 2 транспортируют в начало участка формовки, потом при помощи транспортного цилиндра 1 сдвигают по участку формовки. Затем внутренние поверхности опок очищают при помощи устройства очистителя 3 от прилипших остатков песка и при помощи устройства для очистки контуров и контроля 4 опки очищают снаружи, а контуры проверяют на наличие твердых остатков металла.

В двойном формовочном автомате EFA-ZFA-SD 5 (5) одновременно изготавливают полуформы верха и низа. Держатель модельных плит с расположенными на нем заполненными песком опоками и наполнительной рамой поднимают с поворотного стола при помощи подъемного стола до рабочего положения под рамой уплотнительного устройства. В это время и происходит уплотнение. Процесс уплотнения начинают путем открытия специального запатентованного клапана Сейатцу с пропусканием потока воздуха через смесь, при этом необходимое количество воздуха определяют путем регулирования времени открытия клапана. Последующим усилием прессования сверху процесс уплотнения завершают. Изготовленные формы снимают на рольганг формовочной линии и отделяют от модели.

После перемещения опок по формовочной линии машина готова к производству следующих полуформ. В кантователе опок 6 все полуформы по-

ворачивают на 180 град., ладом вверх. Во время перемещения по формовочной линии контролад всех полуформ очищают ножом 7 вровень с кромкой опоки. Затем в полуформе верха автоматическими сверлильными приспособлениями 8 делают литниковые воронки и вентиляционные отверстия. На рольганге формовочной линии 9 между двумя кантователями полуформы могут сортироваться, контролироваться, оснащаться стержнями и продуваться. Оставшиеся на линии обратного хода поддоны в очистителе тележек 10 скребками и щетками освобождают от прилипшей смеси и очищают. Передаточная тележка 11 перемещает очищенные поддоны на формовочную линию, затем их поднимают подъемным столом к находящимся сверху полуформам низа. При простановке тяжелых стержней это гарантирует от возможных проблем. Стержни проставляют в нижние полуформы с помощью автоматического устройства 12, куда их попеременно транспортируют двумя тележками. Затем поддоны перемещают по формовочной линии.

В конце формовочной линии путем обратного кантования полуформы верха и низа с поддоном при помощи специального устройства 13 снимают на линию заливки, спаривают и затем скрепляют скобами. Готовые формы в сборе транспортным цилиндром передвигают по линии заливки. Далее осуществляют заливку спаренных форм двумя заливочными машинами 14. В конце участка заливки залитые формы принимают передаточной тележкой 15 и транспортируют на линию охлаждения 1. Подъемное устройство 16 на линии охлаждения перемещает опоки в холодильник. Там находятся, соответственно, на концах линий охлаждения 2...5 подъемные станции 17 с транспортными цилиндрами, которые обеспечивают проход опок через холодильник. По окончании фазы охлаждения опоки принимают передаточной тележкой 18 и передают на линию обратного хода. В устройстве 19 ком смеси выдавливают снизу из опок плитой выдавливания и путем отвода ком доставляют на желоб отделения отливок от песка 20. На желобе отделения песка от отливок песок через систему решеток падает вниз на конвейерную ленту, и его вновь подводят к системе смесеприготовления.