



В течение нескольких последних лет специалисты Hermle занимались разработкой технологии изготовления самых различных изделий, что было необходимо при внедрении станков Hermle на том или ином производстве. На наш взгляд, полезно рассмотреть опыт создания таких технологий, в частности — для обработки деталей турбомашин. Отличительные черты подобных изделий — высокая сложность формы, а также применение в их конструкции труднообрабатываемых материалов.

М.Л. Дынкин, менеджер проектов,
ООО «Хермле-Восток», г. Москва (Россия)

ДЛЯ HERMLE «ТРУДНЫХ» МАТЕРИАЛОВ НЕТ

There Are No "Difficult" Materials For HERMLE

For the last several years the specialists of "Hermle-Vostok" Ltd. has been developing the fabrication method of different goods that was necessary for the introduction of machines by HERMLE. In particular, they have studied turbomachine part cutting technology.

The modified construction of machines by HERMLE belong to the "Gentry" type, it has a number of special features and is right for 5-coordinate mechanoprocessing. For the control program creation the specialists of the company have used Pro/Engineer system, a specialized system MAX by ConceptsNREC (USA) and two kinds of postprocessors: by in-house design and by Sulzer (Switzerland).

The HERMLE machines were tested on a radial impeller of a locomotive diesel engine, on a turbine axled monowheel and on a water turbine model.

Известно, что по своей кинематической схеме станки Hermle наилучшим образом подходят для 5-координатной механообработки — именно такой, какая требуется для изготовления деталей типа «моноколесо».

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СТАНКОВ HERMLE

Модифицированная конструкция, характерная для станков Hermle,

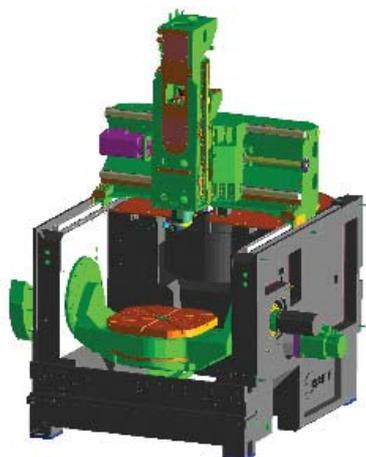


Рис. 2. 3D-модель кинематической схемы ОЦ Hermle

относится к так называемому типу «Гентри» (рис. 1) и имеет следующие особенности: инструмент перемещается по трем осям, благодаря чему достигается динамика перемещений, не зависящая от формы детали; приводы и направляющие находятся вне рабочей зоны; компактность конструкции станка, благодаря чему он не занимает много места; оптимальные статические и динамические характеристики станка; высокая точность хода и позиционирования, малая продолжительность обработки; высокая динамика процесса обработки.

Кроме того, конструкция направляющих (рис. 2) обеспечивает очень высокую жесткость. Станина станков фирмы изготавливается из полимер-

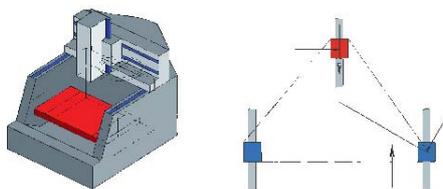


Рис. 3. 3D-модель работы направляющих ОЦ Hermle

гранита, который обладает прекрасными виброгасящими свойствами, термостабилен и не гигроскопичен. Все эти качества также положительно влияют на точность и стабильность обработки. Шпиндель (рис. 3) имеет патентованную фирмой HERMLE систему защиты от столкновений по оси Z.

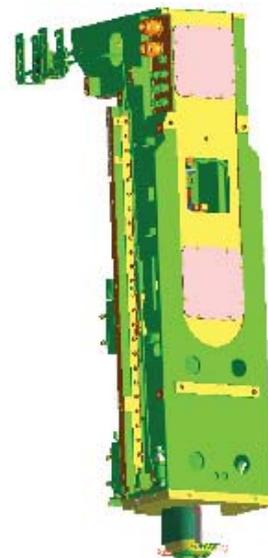


Рис. 4. 3D-модель шпинделя ОЦ Hermle



ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Детали, технологию изготовления которых необходимо было разработать в ходе приемо-сдаточных испытаний станков, представляли собой осевые и радиальные моноколеса. В качестве исходных данных для создания технологии, как правило, имелись либо только чертежи готового изделия, либо чертежи в комплекте с математической моделью.

Построение или доработка математических моделей проводилась в системе Pro/Engineer, а расчет управляющих программ — в специализированной САМ-системе MAX производства фирмы ConceptsNREC (США). Для постпроцессорирования использовались два варианта постпроцессоров — собственной разработки, а также разработанный на фирме Sulzer (Швейцария).

При использовании собственного постпроцессора подача пересчитывалась в каждом кадре управляющей программы, а координаты положений осей пересчитывались исходя из констант станка (величины смещений поворотного стола от осей вращения) и смещения системы координат обрабатываемой детали относительно зеркала стола.

При использовании постпроцессора фирмы Sulzer стало возможным реализовать более гибкий подход к расчету конечной программы. Он позволяет использовать функцию M128 стойки Heidenhain, что дает возможность выполнять одну и ту же управляющую программу с использованием различных по величине приспособлений для закрепления заготовки.

Проверка работоспособности управляющих программ проводилась при помощи программного пакета Vericut, поставляемого в комплекте с Pro/Engineer.



Рис. 5. Радиальный импеллер (деталь дизельного двигателя тепловоза), изготовленный на ОЦ HERMLE C1200U

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для обработки моноколес использовались самые различные инструменты, описание которых приведено ниже, совместно с данными по каждому отдельному примеру. Предпочтение отдавалось твердосплавным фрезам фирм Seco и Fraisa. Использовался также инструмент, изготовленный по специальному заказу, для чего применялся заточной обрабатывающий центр Walter Helitronic Minipower.

Для крепления инструмента использовался метод термозажима с соответствующей оснасткой и термооправкой фирмы Seco. Однако при этом могли применяться термооправки и оснастка для термозажима от любых других производителей.

Для точного измерения радиуса и величины вылета инструмента использовался специализированный прибор настройки фирмы Zoller модели Saturn Zero.

ОПИСАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Пример 1

Изготавливаемая деталь — радиальный импеллер дизельного двигателя тепловоза (рис. 4). Внешний диаметр — 370 мм. Материал — алюминий. Время полной обработки — около 30 ч.

Деталь обрабатывалась на станке HERMLE C1200U. При обработке использовались как стандартные твердосплавные инструменты из каталогов фирм Seco и Fraisa, так и несколько твердосплавных фрез, изготовленных по заказу. Нестандартным параметром для этих инструментов явилась



Рис. 6. Обработка радиального импеллера из высоколегированной нержавеющей стали на ОЦ HERMLE C1200U

большая длина режущей кромки. Чтобы обработать труднодоступные области между лопастями, использовались фрезы конической формы (т. н. «морковка»).

Разрабатывалась также технология изготовления аналогичной детали, использованная при приемке станка HERMLE C1200U у другого заказчика. Отличительной чертой данной технологии (рис. 5) явилось то, что отработка геометрии перемещений велась на алюминиевом прототипе, а само изделие изготавливалось из высоколегированной нержавеющей стали.

Важно отметить следующее: поскольку поверхности лопастей деталей, приведенных в данном примере, являются линейчатыми, это позволяло проводить чистовую обработку их поверхностей боковой стенкой фрезы. Благодаря этому приему был достигнут очень высокий класс шероховатости поверхностей лопаток при небольшом количестве чистовых проходов, что, в свою очередь, позволило значительно снизить время чистовой обработки. Расчет траекторий обработки проводился в САМ-системе MAX-5.

Пример 2

Деталь — осевое моноколесо турбины. Высота лопатки — 72 мм; C_{\max} — 1,4 мм; $R_{\text{вх}}$ кромки — 0,2 мм. Материал — титановый сплав BT8-1. Время полной обработки ~ 70 ч (при $R_a = 0,7$).

Отработка программ велась на станке HERMLE C40U, а сдача детали заказчику — на HERMLE C800U (рис. 6) При отработке технологии мы столкнулись с проблемами, характерными для деталей, изготавливаемых из трудно обрабатываемых титановых сплавов. Для решения задачи был применен специальный инструмент фирмы Fraisa, разработанный специально для обработки титана (рис. 7).

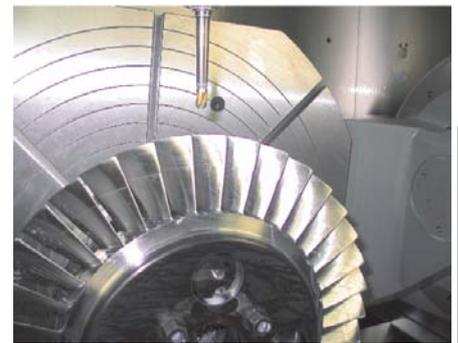


Рис. 7. Обработка осевого моноколеса из титана концевой фрезой на ОЦ HERMLE C800U



Рис. 8. Специальная концевая фреза фирмы Fraisa с волнистой режущей кромкой для обработки титана

За счет использования волнистой режущей кромки и специального покрытия инструмента удалось провести всю черновую выборку по всей детали ОДНОЙ фрезой.

Также отметим, что, исходя из условий процесса, необходимо было иметь как можно более короткий вылет фрезы. Это стало возможным благодаря использованию специальных алгоритмов расчета траектории движения инструмента, предоставляемых САМ-системой MAX-SI.

Для устранения вибраций лопаток при чистовой их обработке все межлопаточное пространство заливалось специальной, достаточно прочной парафиновой композицией (рис. 9).

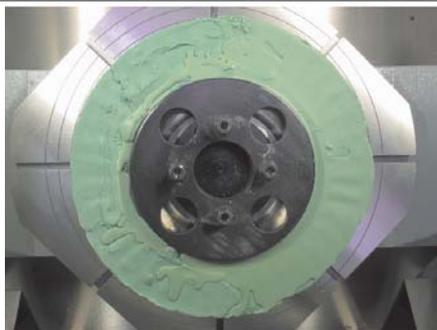


Рис. 9. Межлопаточное пространство моноколеса залито специальной парафиновой композицией для гашения вибрации при чистовой обработке

Пример 3

Деталь — модель гидротурбины. Материал — нержавеющая сталь. Общее время обработки ~ 160 ч. Время обработки по старой технологии (изготовление отдельных лопаток и приваривание к ободу) составляло около 3 000 ч. Технология обрабатывалась на станке HERMLE C40U.

Главная особенность обработки этой детали — необходимость использования очень длинных режущих инструментов (рис. 10). В связи с этим при черновой обработке применялся так называемый плунжерный вид



Рис. 10. Модель гидротурбины, изготавливаемая на станке HERMLE C40U

фрезерования и соответствующий инструмент со сменными режущими пластинами. В качестве СОЖ использовалось специальное масло Mobilmet, предназначенное для тяжелых условий резания.

Для предотвращения вибрации при чистовой обработке были применены специальные вставки из легкоплавкого материала, помещаемые между обрабатываемыми лопатками. При переходе обработки на следующий канал эти вставки переставлялись вручную. ⚙

ООО «Хермле-Восток»
Тел.: +7 495 221-83-68
Факс: +7 495 221-83-93
md@hermle-vostok.ru



Станки, которые Вас не подведут,
и партнер, которому Вы
можете доверять — сегодня и завтра!

ООО «Хермле-Восток»
ул. Складочная дом 1,
строение 1, офис 231,
127018, Москва
тел. в России: +7 495 221-83-68
факс: +7 495 221-83-93
e-mail: info@hermle-vostok.ru
тел. в Украине: +380 955-00-45-92
e-mail: rt@hermle-vostok.ru

