



Ключевые слова:
станки с ЧПУ, программы автоматизации, CAD/CAM/CAE/PDM/MES-системы, техническое перевооружение производства

Keywords:
CAPP-systems, automation systems, CAD/CAM/CAE/PDM/MES-systems, technical re-equipment of production

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ ПРИ ПОМОЩИ CAD/CAM/CAPP-СИСТЕМЫ ADEM

Даниил ЗИНЧЕНКО

В статье рассматривается проблема внедрения систем автоматизации подготовки управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ (сокращенно — САМ-систем), а именно проблем адаптации САМ-системы АДЕМ к производственным процессам на станках с ЧПУ.

The article describes problems of introduction of automation systems on CNC for Computer-Aided Process Planning (CAPP-systems), i.e. the adjustment problems of ADEM CAPP- systems for production processes on CNC machines.

Сегодня на многих машиностроительных предприятиях России активно происходит техническое перевооружение производства. Обновляется устаревший станочный парк для механообработки, а также других видов обработки металлов (литье, термообработка, обработка металлов давлением и др.). К сожалению, не все предприятия, а именно их руководящий состав, понимают, что аппаратная автоматизация производства (станки с ЧПУ) должна быть неразрывно связана с программной автоматизацией (соответствующие CAD/CAM/CAE/PDM/MES-системы). Невозможно добиться качественного результата по повышению производительности только лишь путем закупки нового металлообрабатывающего станка, который очень часто программируется вручную оператором на стойке с ЧПУ, сводя на нет все финансовые затраты по его закупке. Ведь управляющую программу обязательно надо проверять непосредственно на станке, все команды и функции приходится прописывать вручную на стойке. Конечно же, очень много предприятий довели свой уровень автоматизации процессов производства до очень высокого, внедрив у себя и MDC-системы для сбора аналитики и мониторинга использования оборудования с ЧПУ, и MES-системы для грамотного планирования производства, и PDM-системы для организации работы с конструкторско-технологическим

составом изделия. Но ведь и сейчас на профильных выставках по металлообработке можно услышать вопросы аля «а что такое САМ-система» или «мы закупили новые станки фирмы..., но их программирование осуществляем на контроллере ЧПУ». При грамотной финансовой политике стоимость систем автоматизации почти полностью теряется на фоне стоимости металлообрабатывающего станка, тем более, что такое внедрение не требует массивных одноразовых финансовых вложений, а может быть распределено в зависимости от выполнения определенного этапа внедрения.

Несмотря на активизацию процессов технического перевооружения производств, на мощностях сохраняются станки еще советского образца, нуждающиеся в замене. Спрос на новейшие модели металлорежущих станков и обрабатывающих центров с ЧПУ еще значительно превалирует над предложением, а точнее, над финансовыми возможностями предприятий по закупке того или иного вида оборудования. Эта ситуация стала наиболее острой в связи со значительным повышением курса иностранных валют и неспособностью отечественных станкостроительных предприятий за удобоваримую стоимость удовлетворить возрастающий спрос.

САМ-система по своему служебному назначению наиболее приближена к конечному результату

деятельности машиностроительного предприятия — изготовлению продукции в необходимые сроки в нужном количестве согласно размерным характеристикам и техническим требованиям, указанным на чертеже. САМ-система — это буферное звено между виртуальной и реальной моделью детали или сборочного узла, поэтому относиться к ней следует не как к «коробочной» поставке, а как к полноценному действию, включающему множество разнообразных факторов-проблем предприятий, которые приходится решать специалистам по внедрению систем, что нередко влияет на совокупное ценообразование решения в каждом конкретном случае.

Первая из таких проблем — отсутствие синхронизации работы приводов станка по линейным и круговым перемещениям — разбивание перемещений с большим угловым перемещением по одной из осей вращения. Это случаи, когда обработка уже спроектирована, получена управляющая программа, а станок не может корректно отработать все запрограммированные перемещения инструмента. Такие трудности имеют место при несовершенстве математического аппарата станков. Например, случай, когда отсутствует синхронизация перемещений по угловым и линейным осям. Грубо говоря, по прямой инструмент перемещается быстро, а поворачивается (наклоняется) медленно. В таких случаях, если встречается участок траектории инструмента с небольшим линейным перемещением и довольно большим изменением угла наклона инструмента, происходит следующее: инструмент совершает перемещение по прямой, практически не меняя угла наклона, а после того, как инструмент уже пришёл в конечную точку перемещения, происходит большая часть перемещения по угловым осям. Как следствие — зарезы на поверхности детали, получаемые от неравномерности перемещений инструмента. Выход из этой ситуации один — компенсировать недостатки в математических расчётах, выполняемых станком, средствами САМ-системы (рис. 1). АДЕМ позволяет в таких случаях разбивать большие перемещения по угловым и линейным осям на несколько небольших участков, тем самым давая возможность станку выполнить перемещение и по линейным, и по угловым осям с примерно одинаковой скоростью. В конечном итоге это приводит к тому, что удается избежать дефектов в виде зарезов на формируемой поверхности.

Еще несколько случаев, относящихся к программированию обработки на станках с ЧПУ старого образца. Это относится к станкам, не поддерживающим круговую интерполяцию в 360° . За счет постпроцессора в программной среде АДЕМ эта проблема решается автоматически, разбивая дугу в 360° на дуги по 90° . Также нередко встречаются

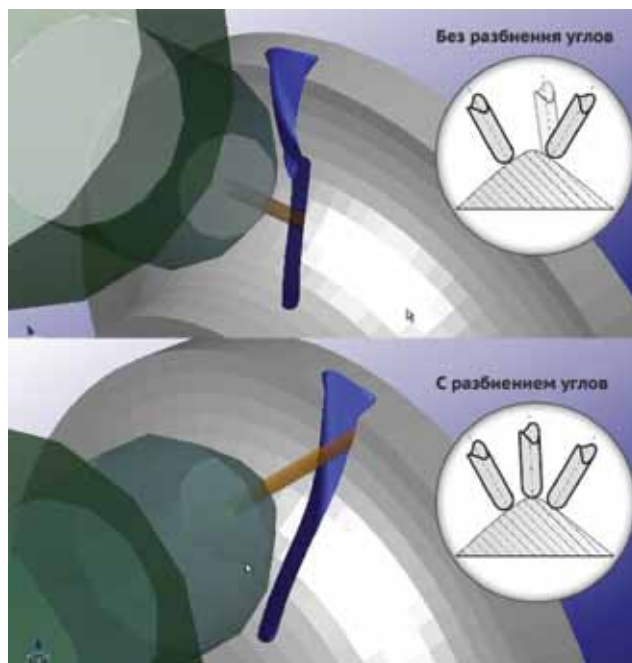


Рис. 1. Компенсация недостатков математического аппарата станков

станки, которые не поддерживают функцию постоянной скорости резания G96. За счет постпроцессора специалисты Группы компаний АДЕМ осуществляют организацию автоматической поддержки данной функции путем переключения оборотов в необходимых (рассчитываемых постпроцессором) точках. В сегменте станков, программируемых с виртуальных стоек (например «пссад»), бывают ситуации, когда стойка не поддерживает радиусную коррекцию фрезы (G41, G42). В таких случаях единственный способ «поймать» точный размер — применение САМ-системы. Например, с помощью фрезы D8 произвели фрезеровку и оказалось, что припуск снят не полностью. Это бывает, если в качестве инструмента используется фреза с большим вылетом и ее отгибает в процессе обработки, или если фреза «подсевшая». В таком случае в САМ-системе АДЕМ диаметр инструмента меняется, например, на D7.9.

Кроме того, одной из часто встречающихся проблем станков с ЧПУ старого образца является недостаточный объем внутренней памяти для хранения УП. Ввиду отсутствия USB-разъема, хранение на сменных электронных носителях также невозможно. Решением является переход на автоматическое создание параметрических программ, что и было осуществлено на предприятии «ЗиО-Подольск». Задача была задать цикл глубокого сверления для массива около 20 000 отверстий. Нужно использовать стандартные циклы сверления систем ЧПУ Fanuc, а не стандартные циклы типа G83. Общая УП была разбита на подпрограммы в несколько типов:

1 – дробление длины отверстия, 2 – сверление одного отверстия, 3 – сверление n -отверстий при определенном шаге и угле строк сетки. Например, подпрограмма L41 задает повторить программу P23 определенное число раз. Следующим шагом необходимо было описать методику составления УП технологом, работающим на предприятии, чтобы они четко знали алгоритм своих действий и их задачи в этой области сводились к минимуму. В итоге, исходными параметрами для обработки были шаг отверстий по оси X, шаг отверстий по оси Y и угол наклона сетки отверстий. Выбор отверстий осуществляется рамкой, а задача системы ADEM, в свою очередь, – составить УП, которая программирует обработку отверстий в определенном порядке с помощью подпрограмм. В табл. 1 приведен образец УП с использованием подпрограмм для обработки детали (рис. 2).

Что же касается проблем с более современным оборудованием с ЧПУ, то некоторые предприятия зачастую закупают многокоординатные станки с урезанным функционалом по управлению центром инструмента в системе ЧПУ (функция RTCP – Rotation Tool Center Point в системе ЧПУ Fanuc, Япония), что очень важно при программировании на такого рода станках.

Исходя из этих реалий, специалисты Группы компаний ADEM разрабатывают постпроцессоры, заменяя недостающие необходимые функции набором открытых команд для управления положением инструмента. В табл. 2 приведен образец

Таблица 1

Фрагмент УП с использованием подпрограмм	
%MPF40	
(€h-1600)	
(T1 Sverlo D10)	
(Setka: 7462 otv)	
(1 rjad, 46 otv)	
:1G90G0G55X-616Y-913.365Z0	
N2W150	
N3M3S500	
N4W0	
N5L41P22	
N6L42	
N7L41P22	
N8L1	
N9L35	
(2 rjad, 48 otv)	
:10G90G0G55X-627Y-894.313Z0	
N11W0	
N12L41P23	
N13L43	
N14L41P23	
N15L1	
N16L35	
(3 rjad, 50 otv)	
:17G90G0G55X-638Y-875.26Z0	
N18W0	
N19L41P24	
N20L44	
N21L41P24	
N22L1	
N23L35	

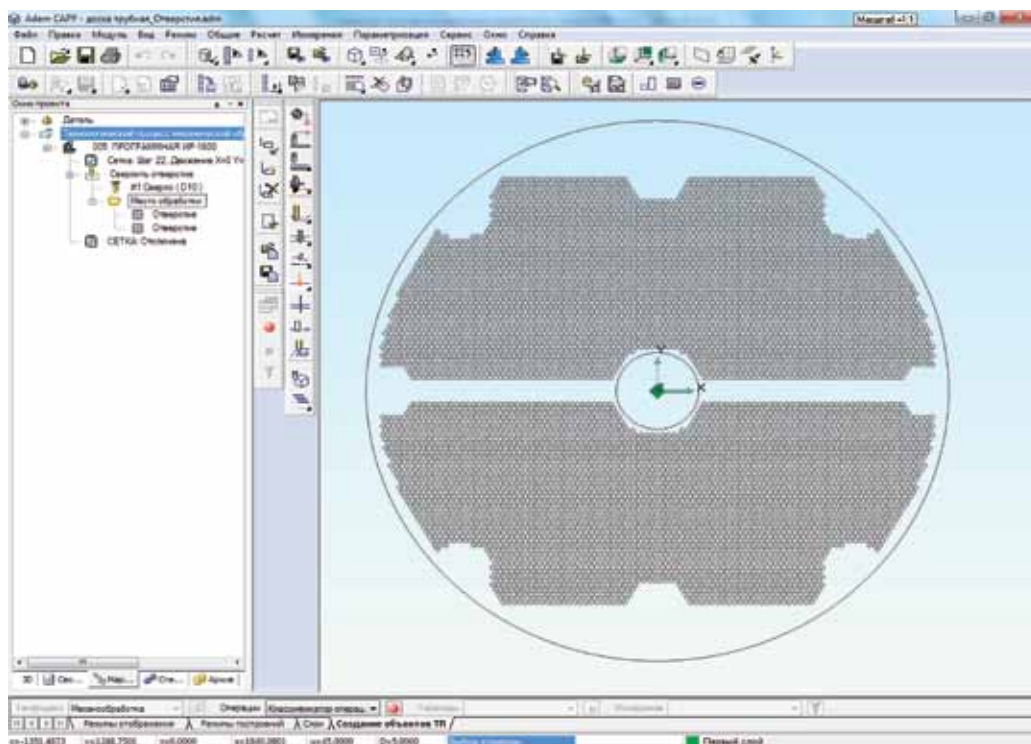


Рис. 2. Деталь с массивом отверстий, которая обрабатывается с помощью подпрограмм из табл. 1

Таблица 2

Фрагмент УП с командой управления центром инструмента G43.3	Фрагмент УП без команды управления центром инструмента G43.3
Z250	Z250
S500 M3	S500 M3
A46.602 B64.231	G53 G90 Z780
G49	A46.602 B64.231
G43.4 Z250 H1	X27.948 Y89.922
X-58.691 Y59.368	Z-23.235
Z49.374 A46.602 B64.231	G1 Z-25.235 F20
G1 X-60 Y60 Z48 F20	X30.074 Y88.125 Z-22.139 A44.849 B65.255
X-58.332 Z46.453 A44.849 B65.255	X32.36 Y86.13 Z-18.984 A43.068 B66.435
X-56.62 Z44.946 A43.068 B66.435	X33.563 Y85.05 Z-17.385 A42.168 B67.088
X-55.747 Z44.209 A42.168 B67.088	X34.802 Y83.909 Z-15.775 A41.263 B67.784
X-54.865 Z43.482 A41.263 B67.784	X36.078 Y82.705 Z-14.154 A40.355 B68.527
X-53.972 Z42.767 A40.355 B68.527	X37.389 Y81.431 Z-12.523 A39.443 B69.317
X-53.07 Z42.063 A39.443 B69.317	X38.733 Y80.083 Z-10.883 A38.529 B70.157
X-52.158 Z41.371 A38.529 B70.157	X40.109 Y78.657 Z-9.238 A37.614 B71.049
X-51.237 Z40.69 A37.614 B71.049	X41.514 Y77.147 Z-7.586 A36.699 B71.996
X-50.307 Z40.022 A36.699 B71.996	X42.945 Y75.548 Z-5.931 A35.786 B73.001
X-49.369 Z39.366 A35.786 B73.001	X44.401 Y73.854 Z-4.274 A34.875 B74.066
X-48.422 Z38.723 A34.875 B74.066	X45.878 Y72.06 Z-2.618 A33.969 B75.194
X-47.468 Z38.092 A33.969 B75.194	X47.371 Y70.158 Z-0.963 A33.068 B76.389
X-46.505 Z37.474 A33.068 B76.389	X48.876 Y68.143 Z0.688 A32.175 B77.653
X-45.535 Z36.869 A32.175 B77.653	X50.387 Y66.009 Z2.332 A31.291 B78.991
X-44.558 Z36.277 A31.291 B78.991	X51.899 Y63.749 Z3.969 A30.418 B80.406
X-43.574 Z35.699 A30.418 B80.406	X53.865 Y60.59 Z6.095 A29.295 B82.381
X-42.277 Z34.963 A29.295 B82.381	X55.348 Y58.014 Z7.703 A28.457 B83.989
X-41.278 Z34.416 A28.457 B83.989	X56.805 Y55.287 Z9.297 A27.638 B85.691
X-40.272 Z33.882 A27.638 B85.691	X58.224 Y52.401 Z10.873 A26.84 B87.491
X-39.258 Z33.361 A26.84 B87.491	X59.591 Y49.352 Z12.432 A26.066 B89.393
X-38.236 Z32.853 A26.066 B89.393	X60.891 Y46.137 Z13.969 A25.319 B91.399
X-37.207 Z32.358 A25.319 B91.399	

УП с наличием команды управления центром инструмента G43.3 и ее отсутствием (рис. 3).

Система АДЕМ изначально формировалась как система, берущая свои корни из рядовых производственных задач, а во главу угла ставится решение проблем, которые наиболее часто встречаются на производстве. Именно такой проблемой стал для нас контроль толщины стружки, снимаемой при фрезеровании. Большинство известных САПР для подготовки УП оперируют заданием процента от диаметра инструмента, соответствующего глубине резания. Этим же параметром часто оперируют и поставщики режущего инструмента. Но именно толщина стружки, согласно теории резания, имеет прямую зависимость с силой резания и величиной подачи на зуб, и следовательно, влияет на процесс резания и режимы обработки. Между подачей на зуб и процентом от диаметра инструмента существует тригонометрическая зависимость, а не прямая, как с величиной толщины стружки. Режущая кромка инструмента работает в определенном диапазоне толщин стружки. Если толщина стружки больше, ломается режущая кромка, если меньше —

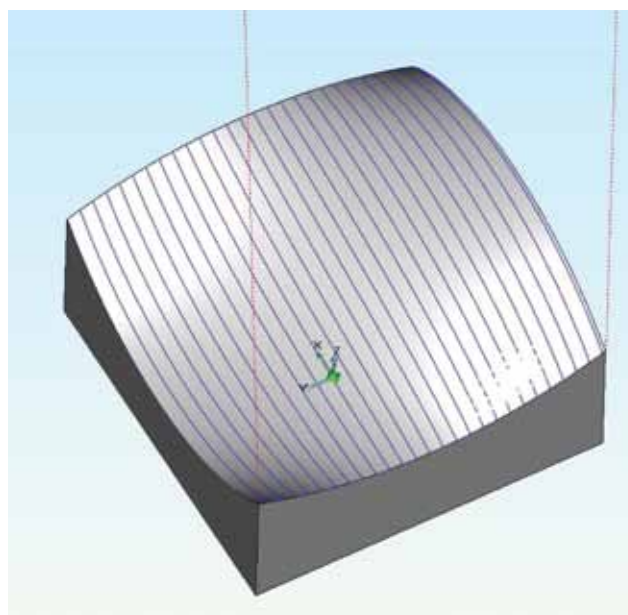


Рис. 3. Образец поверхности обработки с использованием команды управления центром инструмента и без использования этой команды

происходит «засаливание» инструмента. Фреза проскальзывает по заготовке, снимает меньше указанной величины толщины стружки и стирается по задней кромке, в связи с чем повышаются температуры в зоне резания и велика вероятность наклепа поверхностного слоя обрабатываемой заготовки. Кроме того, на современных станках с ЧПУ теперь почти всегда имеется индикация усилия на приводе при обработке. Это, в сущности, и есть сила резания в той или иной плоскости, на которую проецируется вектор силы. Так, при обработке по УП, с генерированной в системе ADEM, усилия резания не имеют резких скачков и находятся в пределах 5% от предыдущего показателя в каждый новый момент времени. А вот при контроле именно процента от диаметра инструмента эти скачки носят внезапный характер и достигают размера в 20%, что станками часто квалифицируется как удар. Это наиболее важно для чувствительных станков с датчиками отслеживания усилия на приводе. Такие станки при резком повышении усилия просто останавливаются в аварийном режиме, что может свести на нет всю осуществленную уже обработку детали. Данная проблема имела место на предприятии ОАО «Рск МиГ» на трехкоординатных станках Macodel Willemin M920 при обработке пластичной и вязкой нержавеющей стали. При использовании УП от других конкурирующих САМ-систем станок просто останавливался, при использовании УП от ADEM станок работал в стабильном режиме инструментом Sandvik CoroMill 210 (который, кстати, имеет параметр именно диапазона подачи на зуб, нежели процента от диаметра инструмента) и показывал результаты при величине оборотов шпинделя в 1700 об/мин подачу на зуб в 0,7...0,75 мм/зуб!

Следующая проблема, с которой столкнулись специалисты по внедрению системы ADEM на одном из предприятий, заключалась в отсутствии

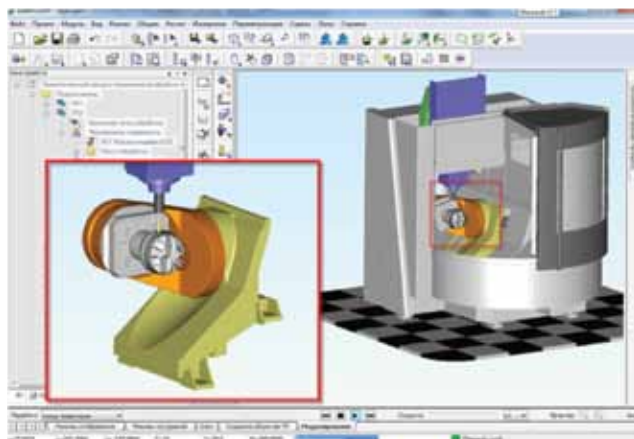


Рис. 4. Пример моделирования пятиосевой обработки с использованием измерительных циклов

опции контроля положения инструмента при работе с осями вращения — вывод в УП координат, функционально зависящих от параметров вылета инструмента. Предприятие приобрело пятикоординатный токарно-фрезерный станок с приводным инструментом и качающимся шпинделем. Но станок имел существенный технический изъян — при переключении в режим фрезерования он терял ранее выбранную систему координат детали. То есть невозможно было осуществить фрезерную обработку — сбивались все заданные корректоры на инструмент и терялась траектория, следовательно станок начинал бесконтрольно фрезеровать в непредвиденной точке, рискуя осуществить столкновение с недвижимыми узлами в рабочей камере. Для решения проблемы был создан отдельный постпроцессор, который выдавал оператору на стойке с ЧПУ запрос, что нужно заново осуществить обмер детали щупом, задать новую систему координат и внести соответствующие данные в пустые поля запроса. Проблема была решена, хотя и пришлось пожертвовать ощутимым увеличением времени обработки.

Еще одна проблема — работа с контрольно-измерительными циклами и необходимостью вывода результатов измерения в файл отчета (рис. 4). На одном из предприятий был закуплен пятикоординатный вертикально-фрезерный станок с измерительными датчиками фирмы Renishaw. Номенклатура производства состояла из мелкогабаритных деталей, которых на рабочем столе станка могло разместиться несколько десятков. Надо было осуществлять межоперационный обмер каждой детали, дабы не делать это вручную на столе станка (что отнимает уйму времени, а в некоторые поднутрения сложно «залезть» просто физически) и не снимать детали для обмера контроллером, нарушая тем самым базирование на столе станка и сбивая «ноль детали». Эта задача была успешно решена специалистами ADEM путем создания отдельного постпроцессора с программированием измерительных циклов датчика и генерированием файла отчета. Как результат, на выходе имела готовая УП для обработки детали и файл отчета с данными по измерению деталей.

Работа с циклами соответствующей системы ЧПУ позволяет, как известно, значительно сократить УП и упростить процесс задания и контроля параметров обработки. Кроме того, короткая УП значительно легче считывается системой ЧПУ, которая перед наступлением следующего кадра УП успевает дать соответствующую команду на приводы станка. Очередная задача при программировании обработки циклами — формирование циклов обработки с учетом ini-файлов производителя устройства ЧПУ (а именно, под ShopTurn и ShopMill

от Siemens). ShopTurn и ShopMill — интерфейсы системы ЧПУ Siemens соответственно для задания циклами токарной и фрезерной видов обработки. Но проблема в том, что с их помощью можно задать обработку только на самом экране стойки. Для того чтобы ShopTurn и ShopMill воспринимали свои внешние такие же циклы как собственные, необходимо перед и после каждого цикла прописывать множество параметров, которые позволят системе ЧПУ сказать «да, это собственный цикл».

Нередко на предприятиях, покупая новый станок с ЧПУ, не знают, для каких целей он будет использоваться через 1–2 года, когда серия деталей, под производство которых он предназначался, завершена. И вообще любому технологу сложно предвидеть, с какими ограничениями в работе станка он столкнется на каждой новой детали. Особенно это характерно для единичного производства на станках сложной кинематики. Примером такой проблемы служит использование многокоординатного станка с поворотной осью В (вращение инструмента) и поворотной осью С для обработки камеры стыковочного узла космической станции. Ее обработка планировалась на станке с поворотным столом (вращение по оси С) и поворотным шпинделем (вращение по оси В). Но станок имел недостаточных размеров рабочую зону, чтобы вместить такую крупногабаритную деталь, а обработать ее нужно было инструментом с большим вылетом, чтоб добраться до всех поднутрений. Задача была решена следующим образом. С

помощью постпроцессора реализовано синхронное движение инструмента одновременно по двум осям: поступательное движение в направлении углубления отверстия и разворот инструмента, чтобы не было столкновения с кромкой отверстия на детали.

ВЫВОДЫ

В статье рассмотрены проблемы, которые решаются с помощью средств программной автоматизации обработки на станках с ЧПУ. Как можно увидеть, их достаточно. Повышение производительности оборудования не ограничивается лишь обновлением станочного парка предприятия. Этот процесс зависит от многих факторов. Программная автоматизация производства тоже не является окончательным критерием оценки уровня культуры производства. Этот показатель зависит, прежде всего, от волевого решения и желания руководства идти в ногу со временем, использовать современные как аппаратные, так и программные средства автоматизации и контроля производства, зачастую жертвуя привычными комфортными условиями деятельности предприятия для достижения более качественных и количественных показателей в будущем.

Даниил Владимирович ЗИНЧЕНКО —
эксперт CAD/CAM/CAPP/PDM-системы ADEM
Группы компаний ADEM

ЕВРАЗ НТМК заключил контракт на строительство шаропрокатного стана

ЕВРАЗ НТМК и Научно-производственное предприятие «Томская электронная компания» (ТЭК) подписали контракт на строительство нового шаропрокатного производства на Нижнетагильском металлургическом комбинате. Ввод в строй нового стана позволит ЕВРАЗ НТМК расширить сортамент стальных шаров и начать производство шаров пятой группы твердости, которые сейчас выпускаются только за рубежом.

ТЭК построит и передаст ЕВРАЗу готовое прокатное производство. Проектные работы завершатся в 2016 г., запуск запланирован на третий квартал 2017 г. Новый стан будет производить стальные мелющие шары диаметром 60–120 мм с объемной твердостью 50–63HRC, что придаст им улучшенные эксплуатационные характеристики.

ТЭК обеспечит современный инжиниринг, изготовление и поставку всего необходимого оборудования, нагревательной печи, прокатного стана, установки термообработки шаров собственной разработки, автоматизированной системы управления и вспомогательного электрооборудования, а также выполнит все строительные-монтажные работы и запуск объекта в эксплуатацию.

Специалисты ТЭК уже разработали для ЕВРАЗ НТМК уникальную технологию термической обработки шаров с применением двухстадийной регулируемой закалки, что даст возможность производить шары с высокими показателями объемной твердости и прочности что позволит ЕВРАЗ выпускать продукцию, не имеющую аналогов в России.

www.russia.evraz.com