

Статья “A new turning process enables cutting ‘in reverse’” была опубликована 1 июня 2017 года в ориентированном на вопросы металлообработки сетевом журнале “Modern Machine Shop” (MMSOnline.com), который выпускает компания Gardner Business Media. Оригинал статьи можно найти по адресу: [www.mmsonline.com/articles/a-new-turning-process-enables-cutting-in-reverse](http://www.mmsonline.com/articles/a-new-turning-process-enables-cutting-in-reverse).

## Новый токарный процесс позволяет резать “в обратном направлении”

Mark Albert, шеф-редактор “Modern Machine Shop”

©2017 Gardner Business Media, Inc.



Технология обработки в обоих направлениях обещает сделать точение на токарных станках с ЧПУ более производительной операцией. Новые типы режущих пластинок от **Sandvik Coromant** и новые траектории, формируемые с помощью **Mastercam**, являются здесь ключевыми предпосылками,

но самым важным становится внедрение всего целостного подхода в комплексе.

Если смотреть живую демонстрацию продвигаемого компанией **Sandvik Coromant** процесса точения без предварительного пояснения, то можно решить, что инструмент режет в неправильном направлении – точно в противоположность обычной практике. Аналогичным образом, при просмотре демонстрационного видеоролика, может возникнуть подозрение, что он воспроизводится задом наперед. Это объясняется непривычным движением токарного резца, которое для нас кажется реверсным. На иллюстрации (рис. 1) направление движения резца показано желтой стрелкой. Совершенно ясно, что оно противоположно тому, что принято в нормальных (традиционных) токарных операциях. В чём же здесь дело?

Компания **Sandvik Coromant**, изобретатель этого процесса, называет новую токарную концепцию **PrimeTurning**. Для её реализации используется специальный инструмент – **CoroTurn Prime**. Фактически, оба типа имеющихся на сегодня пластин для **PrimeTurning** (один тип – для легкой обработки, второй – для тяжелой) спроектированы для резания в направлении, противоположном обычному. Помимо “классического” резания по оси Z в направлении к зажимному патрону, эти инструменты могут “идти задним ходом” и резать от патрона. Аналогичным образом, при торцевании (подрезании) они могут резать как

в направлении к оси X, так и от нее. Пластины обоих типов пригодны для обдирки, чистовых операций или профильного точения в любом направлении (в том, которое обеспечивает какое-то преимущество).

При правильном применении, как утверждает компания, результаты будут поразительными: производительность повышается более чем на +80%. Срок службы инструмента увеличивается вдвое. Значительно повышается и качество поверхностей.

Каким образом резание “в неправильном направлении” становится настолько хорошим выбором для некоторых операций? Подробный ответ на этот вопрос будет весьма полезен, поскольку он включает в себя ряд сведений о природе процесса точения как такового. Дело выглядит так, что концепция **PrimeTurning** переворачивает обычную практику с ног на голову, причем, на нескольких уровнях.

По всей видимости, таких возможностей у токарной обработки раньше никогда не было. Разработана совершенно новая геометрия пластинок двух типов – для легкой и для тяжелой обработки. Оба типа являются высокоспециализированными; особенно отличается многоугольная вершина пластины для тяжелого точения. Кроме того, потребовалось создать и новый функционал САМ-системы, чтобы упростить формирование беспрецедентных траекторий инструмента с динамичной подачей, что необходимо для данного токарного процесса. Компания **CNC Software**, разработчик САМ-системы **Mastercam**,

работает в тандеме с **Sandvik** для воплощения в жизнь необходимых алгоритмов, поэтому конечные пользователи уже могут применять эту концепцию точения на практике. Новым является и способ доставки охлаждающей жидкости в зону резания. (Как можно представить, формирование стружки и отвод тепла тоже происходят иначе, чем обычно, поэтому охлаждение играет важную роль в данном

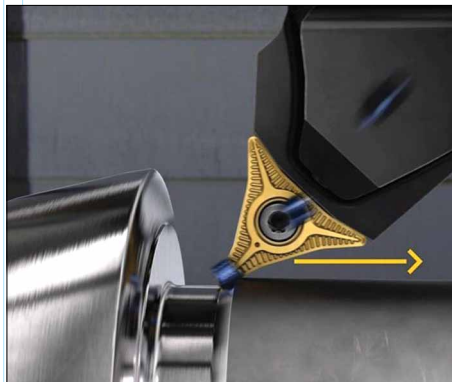


Рис. 1. Пластина CoroTurn Prime A

процессе). Еще один аспект, который требует внимания, для того чтобы получить максимальные преимущества от нового процесса: необходимы модифицированные патроны для инструмента и строгое соблюдение требований по установке и наладке.

Как видим, здесь задействовано очень много всего. Конечно, *Sandvik Coromant* осознаёт, что рынок для *PrimeTurning* потребует «перевоспитать», чтобы предприятия поняли основные аспекты нового процесса и правильно внедряли его. Как бы то ни было, компания проводит многочисленные тесты на местах с рядом выбранных для этого клиентов по всему миру. По мнению компании, отчеты тестовых пользователей четко показывают, что когда они осваивают процесс и установят такую дисциплину, какая для него необходима, то начнут активно требовать большего доступа к новым инструментам.

Вот что говорит об этом **Cory Koch**, инженер по прикладным задачам из компании *Hartwig Inc.*, дилера машиностроительного оборудования в Хьюстоне (шт. Техас), ставший одним из первых, кто ознакомился с возможностями *PrimeTurning*: «Эти инструменты изменят способ, которым наши клиенты обрабатывают свои детали; они будут дольше служить, намного увеличат темп удаления материала и возможность выдерживать точность. Инструменты настолько разносторонние, что вы должны мыслить нестандартно, чтобы представить себе, что можно ими сделать».

### Когда проектировщики инструмента обретают свободу творчества

Толчком к созданию концепции *PrimeTurning* и соответствующих пластин *CoroTurn Prime* стала встреча, которая произошла несколько лет назад в Швеции, в центре разработки *Sandvik Coromant*. Лавры пионеров компания приписывает двум сотрудникам: один из них – **Adam Johansson**, молодой инженер, который присоединился к отделу исследований и разработок (R&D) в 2012 году, второй – **Ronnie Löf**, ветеран-инструментальщик с 20-летним стажем. Как сейчас вспоминают, их сотрудничество началось с того, что они обратили внимание, что обычное описание точения включает невращающийся инструмент, который удаляет материал при перемещении от торца вращающегося компонента [то есть заготовки] по направлению к зажимному патрону.

При таком способе работы здравый смысл подсказывает, что чем меньше будет угол между режущей кромкой и направлением подачи инструмента, тем больше возможность увеличить скорость подачи (а значит и повысить производительность). Но проблема заключается в том, что при малом значении угла режущая кромка не позволяет подойти вплотную к

границе зоны обработки, а также в том, что при этом образуется длинная сливная (непрерывная закрученная) стружка, которую трудно контролировать. Эта взаимосвязь величин угла и ограничения производительности казалась безальтернативной данностью для токарных операций.

Тем не менее, когда в конце 2012 года два инженера начали обсуждать дилемму «угол наклона/досягаемость», они подошли к проблеме углубленно, и им хватило мужества, чтобы оспорить общепринятые истины – так рассказывается эта история. Нащупав вскоре маленькое, прозрачное зернышко истины, они стали развивать тему, и обсуждения стали более интенсивными. Их идея была проста и заключалась в том, чтобы точить в обратном направлении, от шпинделя к торцу обрабатываемого компонента. Это сразу решило бы проблему досягаемости основания уступа при малом угле наклона.

«В металлообработке веками точили от торца к шпинделю. Каждый эксперт в токарном деле может привести впечатляющую порцию аргументов, почему делать наоборот – совершенно нереально», – говорит м-р *Johansson*.

Основной аргумент заключается в контроле над стружкой, так как маленький угол наклона порождает длинную сливную стружку, независимо от направления точения. Чтобы решить эту проблему, м-р *Johansson* и м-р *Löf* объединили усилия с двумя другими широко мыслящими конструкторами: это были **Joe Truong** и **Krister Wikblad**. Всё шло к тому, что их изыскания ждёт успех. Когда в 2015 году к проекту подключился **Håkan Ericksson**, менеджер по продукту, команда активизировала обсуждения с коллегами, клиентами и другими заинтересованными сторонами, и начала тестировать концепцию в более широком масштабе.

По заверениям *Sandvik Coromant*, эти тесты включали в себя обширные испытания и эксперименты в собственных лабораториях компании, а также практическое применение технологии на производствах конечных пользователей, что позволило выявить, а затем помогло решить, различные технические проблемы. Когда технология *PrimeTurning* была официально анонсирована в апреле 2017 года, компания *Sandvik Coromant* уже имела четко определенную концепцию и готовую методику, а также практические рекомендации о том, где и в каких случаях использование этой разработки будет наиболее эффективным.

По мнению компании, основные преимущества заключаются в следующем:

- Можно применить агрессивные режимы резания – для увеличения объема производства и снижения затрат;
- Уменьшение нагрева режущей кромки продлевает жизнь инструмента;

- Равномерный износ инструмента повышает КПД станка, количество смен инструмента уменьшается, затраты снижаются;
- Длительный срок службы инструмента в совокупности с возможностью контролировать стружку делают долгосрочные работы более предсказуемыми, что означает меньшее количество задержек производства.

## Подробнее о режущих пластинах

Как уже отмечалось, в настоящий момент для метода *PrimeTurning* предлагается два типа пластин: *CoroTurn Prime A* и *CoroTurn Prime B*.

Характеристики пластины А-типа: в профиль пластина имеет три угла по 35 градусов; назначение – получистовое и чистовое точение, а также профилирование (рис. 1).

Пластина В-типа спроектирована специально для тяжелой черновой обработки и имеет два режущих угла; по утверждению компании, отличается ультрапрочностью (рис. 3).

Оба типа являются нестандартными, то есть их геометрия не соответствует основным формам металлорежущих пластин стандарта *ISO*. Сегодня в номенклатуре представлены девять типоразмеров пластин А-типа и шесть типоразмеров пластин В-типа.

Важно отметить, что оба типа пластин описываются как “решения для точения во всех направлениях”. Другими словами, любая из этих пластин может резать и традиционно – от торца детали по направлению к зажимному патрону. Аналогично, любая из них может традиционным образом обрабатывать уступ или торец, двигаясь от периферии детали к центру (оси вращения).

Новым является то, что обе эти пластины можно использовать и для точения в противоположном направлении – закрепив деталь в зажимном патроне и удаляя материал по направлению к её торцу, пока вершина пластины всё ещё обращена к патрону. (Фактически, сохранение такой ориентации пластины и делает операцию визуально похожей на обработку задом наперед). Аналогичным образом, уступ, присоединительная поверхность фланца или другой подобный “вертикальный” элемент, можно обрабатывать и в направлении к оси вращения детали, и от нее. При реверсном торцевании вершина пластины будет обращена к зажимному патрону – так же, как при обычном (но, в отличие от

режима горизонтального/продольного точения, это не выглядит настолько странным).

Поскольку направление резания можно менять, то нет нужды отводить инструмент от поверхности заготовки и затем возвращаться по воздуху в начальную точку, чтобы начать другой проход. При некоторых условиях пластинка может резать буквально назад и вперед (или вверх и вниз) в последовательных проходах. (Здесь, конечно же, следует иметь в виду, что при каждой смене направления режимы резания должны меняться).

Что происходит, когда пластинка *CoroTurn Prime* режет задом наперед, проще понять на примере со вставкой типа *B*. При удалении материала по направлению к задней бабке можно применить такие параметры: малый угол ввода (30 градусов для типа *A* и 25 градусов – для *B*) и большой угол между режущей кромкой и направлением подачи. Такой подход распределяет силы резания и тепловыделение от трения на большую, чем при обычном резании, площадь поверхности пластины, а не только на её вершину. Кроме того, при этом образуется более тонкая и широкая стружка, лучше отводящая тепло. С такими отходами легче справиться с помощью стружколомателя, что позволяет избежать образования плотных прядей скрученной стружки и наматывания.

По словам компании, эти благоприятные условия резания обеспечивают получение преимуществ от возможности найти разумный компромисс между более агрессивными режимами резания для повышения производительности и продлением (достаточно предсказуемым) срока службы инструмента. Другими словами, токарная операция может быть нацелена либо на более быстрое удаление большего количества материала, либо на более долгое использование пластины. Кроме того, при обычной обработке по направлению от торца к уступу, пластина может вдавить стружку в угол, когда меняется диаметр детали, тогда как при противоположном направлении движения, как в случае *PrimeTurning*, защемления стружки произойти не может.

На рис. 3 видно, что режущая часть пластины В-типа имеет сначала малый угол с обеих сторон пластины, который далее увеличивается. Как утверждается, такая конструкция максимально увеличивает прочность режущих кромок, а также создает эффект

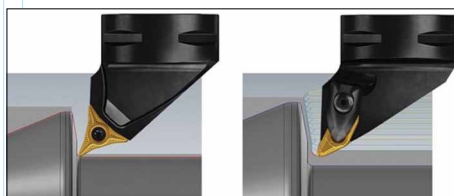


Рис. 2

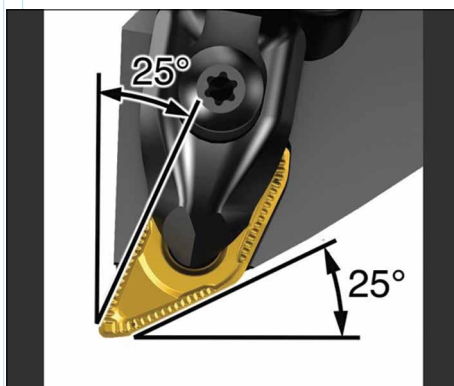


Рис. 3. Пластина *CoroTurn Prime B*

приглаживания там, где радиус закругления вершины начинает увеличиваться.

При черновой обработке, когда главная цель – быстрое удаление материала, благодаря этому эффекту оставшаяся заготовка имеет более гладкую поверхность, что повышает эффективность последующих чистовых проходов. По словам компании, повышение качества поверхности при черновой обработке и повышение эффективности чистовой обработки позволяют удвоить производительность при работе по методу *PrimeTurning*. При обычном же точении такая форма *CoroTurn Prime* дает возможность выполнять работу практически так же, как в случае со стандартной пластиной, и с таким же результатом.

Пластина типа *A* спроектирована для легкой и средней тяжести черновой обработки, чистовой обработки и профилирования. Она является миниатюрным вариантом такой же геометрии вершины и режущей кромки, которую проще рассмотреть на примере большей пластины *B*-типа. Таким образом, пластина *A*-типа имеет те же преимущества, что и пластина *B*-типа.

Тем не менее, успешность применения пластин *CoroTurn Prime* обоих типов зависит от определенных критических нюансов той стратегии резания, которая воплощена в виде управляющей программы для станка с ЧПУ. Обсуждением этих нюансов мы и завершим начальное объяснение возможностей использования новых пластин.

## Важность САМ-системы не уменьшается

За последние годы вендоры САМ-систем значительно продвинулись на пути генерации высокоэффективных траекторий фрезерования карманов и профилирования. Когда разработчики компании *Sandvik Coromant* начали тестирование новой концепции точения, они быстро поняли, что программирование точения во всех направлениях может стать вызовом. Они также поняли, что оптимизация нового процесса при помощи продвинутой САМ-системы открывает возможности получения преимущества, не уступающие последним достижениям фрезерования с постоянным объемом удаляемой стружки.

“До сих пор утилиты точения и САМ-пакеты не предусматривали изменения направления резания, что необходимо для *PrimeTurning*”, – говорит м-р *Ericksson*. – “Для этого процесса также требуются средства управления углами подвода, а также средства создания траекторий для плавного, по дуге, врезания в заготовку, с дальнейшим постепенным увеличением оборотов, подачи и глубины резания, что позволяет раскрыть потенциал *PrimeTurning*”.

В 2016 году компания *Sandvik Coromant* пригласила *CNC Software*, разработчика CAD/CAM-системы *Mastercam*, стать партнером для создания программного обеспечения, соответствующего требованиям *PrimeTurning*. Как сказал **Dave Boucher**, директор по продуктам *Mastercam*, этому способствовал опыт компании *CNC Software*, полученный при разработке так называемых Динамических траекторий, включающих неочевидные для здравого смысла движения инструмента, что должно было принести пользу и в случае с *PrimeTurning*.

Однако, справедливости ради, *Sandvik Coromant* делает технологию данного процесса доступной для всех заинтересованных разработчиков CAD/CAM; кроме того, компания предлагает свой собственный генератор управляющих кодов – *PrimeTurning Code Generator*. Он представляет собой специализированную утилиту, обеспечивающую формирование кодов ISO для станков с ЧПУ, которые принимают этот формат ввода. Утилита предлагается в форме облачного приложения по годовой подписке.

Как бы то ни было, новый набор токарных стратегий *Mastercam* для поддержки *PrimeTurning* уже включен в составе релиза *Mastercam 2018* и доступен пользователям уже сейчас (по соглашению, *Mastercam* сохраняет исключительное право использования этой технологии до 1 ноября 2017 года). Поскольку эти новые стратегии показывают путь, по которому, скорее всего, последуют и другие вендоры САМ-систем, давайте ознакомимся с подходом *Mastercam*.

Очень существенной представляется возможность автоматизации. Когда пользователь открывает окно свойств (*PrimeTurning Properties*), то страницы вкладок запрашивают всю необходимую информацию для генерации траекторий. Например, стратегия выбирается по форме детали. Для деталей типа вала технолог-программист, скорее всего, выберет “горизонтально”, а для фланцев – “вертикально”. Выбор стратегии вызывает отображение соответствующей диаграммы движения инструмента с полями для ввода значений соответствующих параметров. На основе этого система автоматически выполнит все расчеты и сгенерирует траекторию, необходимую для воплощения этой технологии точения в жизнь.

К примеру, когда пластина *CoroTurn Prime* вводится в закрепленную в патроне заготовку, это должно происходить на уменьшенной подаче по небольшой дуге и с правильной глубиной для продольного точения (в обратном направлении – к задней бабке). Это позволяет пластине мягко врезаться в материал, а затем обороты и подачу необходимо плавно увеличивать. Более точное представление дает иллюстрация,

предоставленная компанией *CNC Software* (рис. 4).

Все эти новые стратегии *Mastercam* соответствуют правилам, заданным компанией *Sandvik Coromant* для процесса *PrimeTurning*. Всем параметрам для пластин каждого типа и каждой стратегии точения присвоены

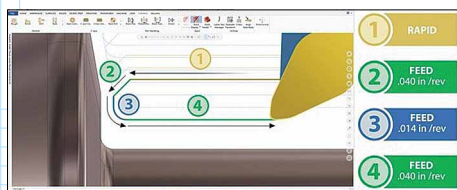


Рис. 4

начальные значения в соответствии с рекомендациями производителя инструмента. Эти значения хорошо подходят для материалов, которые с наибольшей вероятностью могут стать кандидатами на обработку по методу *PrimeTurning*. В их число входят следующие: стали *ISO P*, нержавеющие стали *ISO M*, жаропрочные сплавы *ISO S*. Кроме того, заложенные правила позволяют системе распознавать, когда выбранная стратегия и введенные величины требуют применения обычных токарных процедур в “нормальном” направлении, а не *PrimeTurning*.

“Общее намерение *Mastercam* в отношении поддержки *PrimeTurning* заключается в упрощении применения этого метода, чтобы помочь пользователям добиться увеличения скорости удаления материала на 50÷80% и удвоения срока службы инструмента, что потенциально возможно для этого процесса”, – говорит м-р *Boucher*.

## Использование конечными пользователями

Компания *Sandvik Coromant* прямо говорит, что *PrimeTurning* – “не для всех”. Несмотря на то, что компания рассчитывает на широкое распространение этой технологии в будущем, текущая реализация метода и двух типов пластин выглядит особо привлекательной лишь для определенного класса пользователей. Условия, которые подвигнут потенциальных пользователей применять технологию *PrimeTurning*, суммированы в таблице (рис. 5).

“Скорее всего, самое большое снижение затрат на одну деталь отметят производители крупногабаритных изделий, особенно если токарная обработка является у них узким местом”, – говорит м-р *Ericksson*. – “Из-за увеличения радиальной составляющей силы резания для применения этого метода подходят только жесткие детали и соответствующая установка. Это значит, что для подверженных вибрации и хрупких изделий будет по-прежнему востребовано обычное точение”.

Он добавляет, что *PrimeTurning* лучше всего подходит для коротких и компактных деталей, а также для валов, которые закрепляются еще и в задней бабке. Это хороший выбор для массового производства, равно как и для

PRODUCTION REQUIREMENTS	PROCESS CONSIDERATIONS	BUSINESS CONSIDERATIONS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stable fixturing of the workpiece.</li> <li>Short, compact workpiece shape.</li> <li>Lathe with sufficient torque and rigidity.</li> <li>Up-to-date CNC unit.</li> <li>Clear specs for dimensional accuracy and surface quality.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Large batch sizes (more than 100 pieces).</li> <li>Turning is a constraint on productivity.</li> <li>High-value workpieces.</li> <li>Setup time is substantial.</li> <li>Capability for unattended operation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Highly competent shopfloor workforce.</li> <li>All employees are open to change.</li> <li>Disciplined shop culture.</li> <li>Company is driven by technology.</li> <li>Willingness to invest in technology.</li> </ul>

Рис. 5

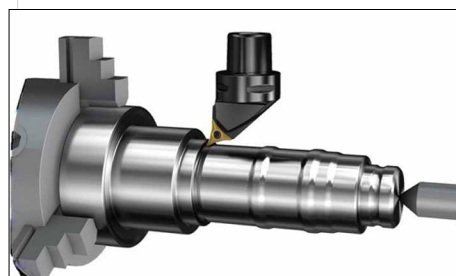


Рис. 6

изготовления деталей, которым требуется частая переустановка и смена инструмента. Также он ожидает, что в первую очередь технология будет использоваться для изготовления дорогих или особо важных деталей.

М-р *Ericksson* подчеркивает, что пользователи должны вос-

принимать метод *PrimeTurning* как комплексную систему, которая должна быть внедрена полностью. В противном случае вероятность получения всех преимуществ уменьшается.

“Портрет [потенциального] пользователя *PrimeTurning* выглядит так: производство с высокой квалификацией в отношении существующих технологий точения, с корпоративной культурой, обеспечивающей производственную дисциплину, открытое для перемен и новых идей и желающее инвестировать в технологии”, – говорит он.

Остановимся на этом последнем пункте. Пластины *CoroTurn Prime* предлагаются по премиальной цене, поскольку ожидаемая отдача делает их исключительно ценным предложением, считает м-р *Ericksson*. Помимо специальных пластин необходимы также и специальные патроны. В настоящий момент компания предлагает 52 варианта патронов для пластин типа *A* или *B*, включая *Coromant Capto*, *CoroTurn QS* и с квадратным хвостовиком.

В патронах для пластин *CoroTurn Prime* имеется несколько отверстий для подачи охлаждающей жидкости к режущим кромкам. По словам компании, подача струи под высоким давлением помогает контролировать нагрев и способствует эвакуации стружки. Такое охлаждение особенно важно для пластин *A*-типа, так как режущие вершины у них менее массивные, чем у пластин *B*-типа, поэтому они сильнее нагреваются и больше изнашиваются. Как следствие, в патронах для пластин *A*-типа одна струя СОЖ направляется на вставку сверху, а еще две струи – по бокам.

Инвестиции пользователей в этот комплексный подход можно обосновать результатами, говорит м-р *Ericksson*. Например, он отмечает, что общий прирост производительности от внедрения новой концепции точения может позволить отложить покупку нового станка, если предприятие собирается его приобрести для повышения объемов выпуска.

## Выберутся ли металлообработчики из трудного положения?

Можно утверждать, что за последние годы производительность токарных операций на станках с ЧПУ не повысилась

в такой же степени, как операций фрезерования. Вероятно, это связано с тем, что при точении речь идет, в первую очередь, об “однолезвийном” процессе. В большинстве случаев материал удаляет только одна режущая кромка токарного инструмента с одной заготовки на станке, тогда как при фрезеровании обычно используется несколько режущих кромок многозубой фрезы или нескольких вставок фрезерной головки. Кроме того, у обрабатывающих центров есть преимущество из-за возможности быстрой смены паллет и одновременной установки нескольких деталей на горизонтальных станках. Комбинирование точения с другими процессами обработки на токарно-фрезерных и многозадачных станках стало важнейшим источником повышения общей эффективности изготовления деталей, однако темпы удаления металла в токарной части УП для такого оборудования осталась сравнительно неизменными.

М-р *Ericksson* считает, что *PrimeTurning* позволяет серьезно изменить статус-кво в отношении скорости удаления металла при точении. “Начальная реакция пользователей, которые тестировали данную технологию, указывает на перспективу 50%-го повышения производительности, что в корне изменит ситуацию для большинства токарных операций. При внедрении этого подхода вызовов

не избежать, но для их преодоления имеется убедительная мотивация”, – говорит он.

В любом случае, более важно то, что он прогнозирует новую волну развития токарной технологии. “Технология *PrimeTurning* выводит на первый план синергию возможностей инструмента, возможностей обработки, возможности программирования и даже возможностей персонала”, – говорит м-р *Ericksson*. Он добавляет, что когда конструкторы станков, производители инструментов, разработчики ПО и приложений для конечного пользователя откроют свой ум для новых возможностей, то, скорее всего, последуют удивительные инновации.

Цифровая среда подключаемого к сети оборудования, быстро развивающаяся на производствах всего мира в связи с развитием промышленного интернета вещей и таких инициатив, как *Industry 4.0*, ускорит и увеличит эффект таких перемен. У компании *Sandvik Coromant* есть планы по расширению концепции *PrimeTurning* путем создания дополнительных пластин *CoroTurn Prime*. “Мы считаем, что наше текущее предложение лишь слегка покрывает потенциальные возможности точения во всех направлениях”, – говорит м-р *Ericksson*.

Ожидается, что оформление глобальных патентов на концепцию и технологию будет завершено к середине 2018 года. 👁

◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆

## Металлообработка . Сварка – Урал

международная выставка технологий,  
оборудования, материалов для машиностроения,  
металлообработывающей промышленности  
и сварочного производства



ВЫСТАВОЧНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
**ПЕРМСКАЯ  
ЯРМАРКА**

**20–22 марта 2018**  
**Екатеринбург**

**крупнейший  
специализированный  
региональный проект в России**

**(342) 264-64-13**  
**musin@exporm.ru**

**www.expormetperm.ru**