

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТ
ТЕПЛООБМЕННИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ МЕТОДОВ ЛЕЗВИЙНОЙ
ОБРАБОТКИ**
**INCREASING THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION OF HEAT EXCHANGER PLATES
WITH THE USE OF NEW BLADE METHODS**

Аннотация. Рассмотрены технологические возможности нового метода лезвийной механической обработки - деформирующего резания. Выявлена целесообразность применения деформирующего резания при изготовлении медных плит теплообменников. Проанализированы варианты совершенствования конструкции и технологии изготовления медных плит кристаллизаторов машин непрерывного литья заготовок. Предложено выполнять каналы в медных плитах методом деформирующего строгания.

Annotation. The technological possibilities of a new method of edge machining - deforming cutting are considered. The expediency of using deforming cutting in the manufacture of copper plates of heat exchangers is revealed. The options for improving the design and manufacturing technology of copper plates of molds for continuous casting machines are analyzed. It is proposed to make channels in copper plates by the deforming planing method.

Ключевые слова: деформирующее резание, параметры оребрения, медные плиты кристаллизаторов, герметизация трением, каналы охлаждения, трудоемкость изготовления, снижение расхода дорогостоящего материала.

Keywords: deforming cutting, rib parameters, mold copper plates, friction sealing, cooling channels, manufacturing labor intensity, cost reduction of expensive material.

Станочная обработка металлов известна сотни лет, при этом стружка всегда являлась отходом этого процесса. В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан новый метод лезвийной механической обработки, при котором стружка не отделяется от заготовки полностью, а сохраняет связь по своей узкой стороне с поверхностью детали, образуя глубокий регулярный рельеф в виде чередующихся ребер. Метод получил название деформирующее резание. Метод деформирующего резания основан на сочетании двух физических процессов — разрушения и целенаправленной пластической деформации материала заготовки. При традиционной лезвийной обработке припуск разрушается по линиям проекции как главной, так и вспомогательной режущих кромок. Инструмент для деформирующего резания имеет геометрические параметры, исключающие разрушение припуска по линии проекции вспомогательной кромки. Таким образом, процесс деформирующего резания заключается в подрезании материала поверхностного слоя главной режущей кромкой инструмента и последующей деформации подрезанного слоя его передней поверхностью. Вспомогательная кромка инструмента, на которой процесс резания невозможен, определяет окончательное положение подрезанного слоя на заготовке. На поверхности формируется развитый рельеф из стружек, не отделившихся от заготовки по своей узкой стороне [1].

Метод деформирующего резания реализуется на стандартном металлорежущем оборудовании, является безотходным, высокопроизводительным, обработку осуществляют простым инструментом, смазочно-охлаждающие жидкости для всех материалов кроме алюминиевых сплавов не требуются. Метод позволяет управлять всеми характеристиками получаемого макрорельефа путем выбора геометрических параметров инструмента и режимов обработки. Возможно получение межреберных зазоров от 10 микрон и выше, шага оребрения — от 20 микрон до трех миллиметров. Высота ребер при обработке меди может составлять до семи значений шага. Обработка методом деформирующего резания позволяет увеличить площадь поверхности детали до 14 раз. Метод деформирующего резания может быть использован при получении развитого макрорельефа на деталях из металлов и

сплавов с величиной относительного удлинения не менее 20 процентов и твердостью не более 230 НВ. В эту группу попадают практически все цветные сплавы, большая часть конструкционных и коррозионно-стойких сталей [1].

Поверхности, полученные методом деформирующего резания, уникальны по своим геометрическим характеристикам и в ряде случаев качественно меняют характер процессов конденсационно-испарительного теплообмена, трения, износа, диффузионных процессов.

Установленные взаимосвязи процесса деформирующего резания позволили предложить зависимости для аналитического расчета режимов обработки и геометрических параметров инструмента, обеспечивающих получение рельефа с заранее заданными геометрическими характеристиками. При получении ребер задают такие параметры оребрения как шаг оребренной структуры, наклон ребра к основанию, высоту ребра и толщину ребра.

Управление всеми геометрическими параметрами оребрения осуществляют выбором геометрических параметров инструмента и технологических режимов обработки. Управление шагом оребрения осуществляют выбором величины подачи инструмента на один оборот заготовки, управление толщиной ребра выбором главного угла инструмента в плане, наклоном ребер — выбором вспомогательного угла инструмента в плане, высотой ребер — выбором глубины резания при выбранном ранее главном угле инструмента в плане. Теоретически толщина ребра при выбранном шаге зависит только от главного угла инструмента в плане.

Возможность использования минимальных значений главного угла в плане зависит от пластичности и прочности обрабатываемого материала. По результатам практики минимально допустимые значения главного угла в плане, следующие: для алюминия 15° , для меди и медных сплавов 21° , для коррозионно-стойких сталей 33° , для низко- и среднеуглеродистых сталей 39° . Наклон ребер к основанию зависит только от вспомогательного угла инструмента в плане. Для получения заданного наклона ребра вспомогательный угол инструмента в плане выбирают равным $90^\circ \pm$ угол наклона ребра. Диапазон возможных значений вспомогательного угла инструмента в плане зависит от конкретного значения пластичности обрабатываемого материала и прочности инструмента. Для меди возможно использование инструмента с углом от 60 до 105° [1].

Заслуживает внимания возможность и целесообразность применения деформирующего резания при изготовлении медных плит теплообменников. Подобные плиты используются, например, в конструкциях кристаллизаторов машин непрерывного литья заготовок. Установки МНЛЗ, изобретенные и разработанные инженерами НИИТяжмаша прославленного Уралмашзавода, изготавливались в цехах УЗТМ и поставлялись на отечественные металлургические комбинаты и во многие зарубежные страны. В базовой, классической, конструкции установки МНЛЗ охлаждение медных плит кристаллизаторов предусмотрено с помощью воды прогоняемой по разветвленной сети каналов – цилиндрических отверстий, выполненных внутри медных плит вдоль (по ходу движения застывающей стали) [2].

Отверстия диаметром 20 миллиметров в огромном количестве (несколько десятков на секцию кристаллизатора) выполняются отдельно в каждой медной плите методом глубокого сверления с обеих сторон двумя головками навстречу друг другу. Ввиду высокой трудоемкости операции, на УЗТМ был спроектирован и создан целый участок агрегатных станков глубокого сверления. Кроме того, для последующей заглушки, в каждом отверстии делалась расточка и нарезание резьбовых гнезд, в которые завертывались резьбовые пробки. Изготовление пробок – еще одна причина высоких трудовых и материальных затрат.

В течение всего времени существования и выпуска установок непрерывной разливки стали, инженерами Уралмашзавода проводятся научно-исследовательские опытно-конструкторские работы по совершенствованию конструкции установок МНЛЗ с целью повышения ее технологичности, увеличения сроков бесперебойной эксплуатации и уменьшения себестоимости изготовления, в том числе за счет сокращения расхода дефицитных и дорогостоящих материалов. Например, с целью сокращения расхода дорогостоящей меди марки МС (медь легированная серебром), в начале двухтысячных годов были предприняты попытки изменения конструкции медных плит кристаллизатора.

Одна из них связана с кардинальной заменой операции заделки каналов медных плит кристаллизатора, выполняемых ранее съёмными резьбовыми пробками на заделку каналов герметизацией трением с помощью специального инструмента, изобретенного и разработанного в лаборатории резания металлов НИИТяжмаша Уралмашзавода [3]. Такая конструкция существенно сокращает трудоемкость изготовления медных плит кристаллизатора и расход дорогостоящего материала. В развитие названной технологии был разработан и изготовлен силами УЗТМ специальный агрегатный станок для производительной герметизации отверстий в медных плитах кристаллизатора с помощью четырех сверлильных силовых головок.

Технологией заинтересовались металлургические предприятия - потребители машин непрерывного литья заготовок. Например, на металлургическом комбинате «Северсталь» (г. Череповец) была успешно опробована технология герметизации отверстий в медных плитах кристаллизатора. Широкому распространению технологии герметизации препятствует вытекающая из сути процесса глухой герметизации особенность конструкции кристаллизатора МНЛЗ – она пригодна только для установок, использующих для охлаждения пресную умягченную воду.

Еще одна НИОКР была предпринята в направлении коренного изменения конструкции кристаллизатора: каналы охлаждения в этом варианте конструкции предусматривались открытыми по задней поверхности медных плит и имели форму продольных прямоугольных канавок. Полости для протекания охлаждающей воды образовывались на стыке медной плиты и опорной стальной стенки, на которую она монтировалась. Прямоугольные канавки глубиной 25 миллиметров, шириной 8 миллиметров с шагом 21 миллиметр с малыми трудозатратами могли быть сформированы обработкой медных плит набором дисковых фрез, например, на продольно-фрезерных станках. Таким образом, и эта модернизация конструкции кристаллизатора была направлена на снижение трудоемкости, но при этом коэффициент использования дорогостоящего материала почти не снижался. Возможность применения деформирующего резания при изготовлении медных плит связана с идеей формирования каналов охлаждения кристаллизаторов. Предлагается выполнять каналы в медных плитах методом деформирующего строгания.

За счет перехода на предлагаемую конструкцию кристаллизатора, ожидается снижение расхода дорогостоящего материала, ориентировочно на 17 – 20 процентов. С учетом того, что предлагаемое совершенствование конструкции и технологии избавляет производство машин непрерывной разливки стали от трудоемких и обладающих невысокими технологическими возможностями операций глубокого сверления и, в связи с этим целесообразно проектировать кристаллизаторы, оснащенные медными плитами много большей длины, трудоемкость изготовления кристаллизаторов МНЛЗ сократится в разы.

Список литературы

1. *Зубков Н.Н.* Особенности реализации метода деформирующего резания // *Технология машиностроения* 2001. № 1. С. 19-26.
2. *Нисковских В.М.* Это было. Екатеринбург: Уральское литературное агентство, 2011. 348 с.
3. *Суриков В.П.* Инструмент для заварки отверстий трением / В.П. Суриков, Е.С. Цыганков, М.П. Журавлев // *А.с. 1234120 В23В27/16*, Бюл. № 20, 30.05.1986