

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF
TOOL STEELS

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННАЯ ОБРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING OF TOOL STEELS

Важность электроэрозионной обработки (ЭЭО) в современных технологических процессах производства не вызывает сомнений.

Первоначальной целью процесса ЭЭО была обработка высокопрочных материалов. Электроэрозионная обработка заменяет все процессы обработки и заключается в удалении слоя с токопроводящих материалов с помощью электрических разрядов в диэлектрической жидкости. Процесс искрового разрушения заключается в разрушении материала с помощью серии отдельных последовательных электрических разрядов.

Эти разряды в основном проводятся при искровом напряжении более 20 В в диэлектрической жидкости.

The importance of electrical discharge machining (EDM) in modern production technology processes is undisputed.

The original purpose of the EDM process was the machining of high-strength materials. Electrical discharge machining comprises all machining processes involving metal removal from conductive materials by electric discharges in a dielectric fluid. The spark erosion process consists of material erosion by a series of separate, successive electric discharges.

These discharges are attributable mainly to sparking voltages of more than 20 V in the dielectric fluid.

Процессы электроэрозионной обработки в основном делятся на

Electrical discharge machining processes basically consist of

- прошивки
- отрезки
- шлифования

- sinking
- cutting
- grinding

При электроэрозионной прошивке средняя относительная скорость между электродом и заготовкой соответствует скорости прошивки.

Электроэрозионная прошивка часто подразделяется на сверление и гравирование.

Для электроэрозионной отрезки можно использовать проволоку, тонкую пластину, ленту или вращающийся диск.

На практике электроэрозионная отрезка проводится в основном с помощью проволоки.

Электроэрозионное шлифование разделяется на цилиндрическое наружное шлифование, внутреннее шлифование и контурное шлифование.

Электроэрозионная обработка является процессом удаления металла.

In electrical discharge sinking the mean relative speed between electrode and workpiece conforms to the sinking speed.

The spark erosion sinking technique is frequently subdivided into drilling and engraving processes.

For electrical discharge cutting one may use wire, a lamellar plate, a strip, or a rotating disk.

In practical application, spark erosion cutting is mainly done by means of wire.

In electrical discharge grinding one differentiates between cylindrical surface grinding, internal circular grinding and form grinding. Electrical discharge machining is a metal removal process.

Быстрая последовательность отдельных импульсов тока, вызывающих искровые электрические разряды между инструментом (электродом) и заготовкой.

The quick succession of individual current pulses causes electrical discharges (sparks) between the tool (electrode) and the workpiece.

Каждый из этих разрядов удаляет маленькую частицу материала путем расплавления и испарения.

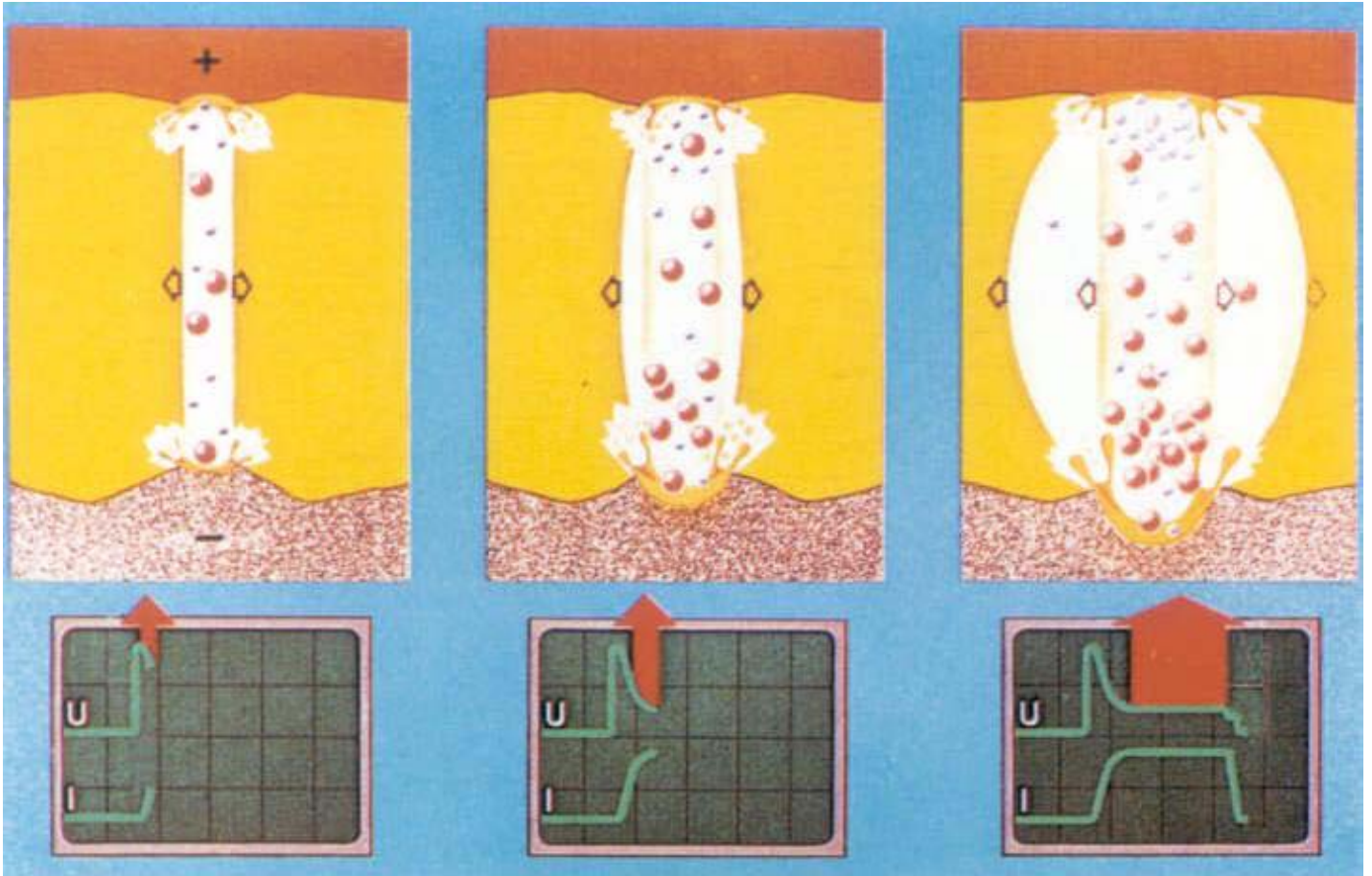
Диэлектрическая жидкость между заготовкой и инструментом изолирует, охлаждает и удаляет частицы металла из зазора между электродом и заготовкой.

Эта жидкость предназначена для создания необходимых условий в рабочем агрегате для многократного повторного использования.

Each one of these discharges removes a small part of the material by causing it to melt and vaporize.

The dielectric fluid between the workpiece and the tool serves for insulation, cooling and removal of the metal particles from the spark gap.

This fluid is subjected to conditioning in a special treatment aggregate to allow continuous reuse.



Электрическое напряжение возникает между инструментом и заготовкой (рис. 1-3, сильноувеличено). Затем возникает внезапный разряд – молния. Электрические частицы ударяют в заготовку, удаляя таким образом материал.

Electric voltage is built up between a tool and a workpiece (Figs. 1 - 3, highly enlarged). Then, the sudden discharge - the spark. Electrically charged particles are thrust against the workpiece where they effect material removal.

ИЗМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛА и СВОЙСТВ ДЕТАЛИ, ВЫЗЫВАЕМЫЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКОЙ CHANGES IN THE MATERIAL and COMPONENT PROPERTIES CAUSED BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Экономический фактор является основной причиной, по которой электроэрозионная отрезка стала такой популярной у инженеров по режущему инструменту. Однако, успешное применение этой технологии предполагает наличие точных сведений о параметрах, влияющих на режущие свойства и износостойкость. Инструменты, обработанные с помощью электроэрозионного шлифования, прошивки и отрезки, отличаются от остальных в основном соответствующими свойствами материала, в основном проявляющимися на наружных, термически нагруженных зонах материала, подверженных изнашивающим нагрузкам при эксплуатации инструмента.

Так как электроэрозионная отрезка является таким же процессом термического удаления материала, как и прошивка, она может провоцировать те же химические и механические изменения в зоне резания, которые иногда наблюдаются на инструменте, обработанном электроэрозионной прошивкой. Эти изменения требуют проведения дальнейших исследований.

Металлографическое исследование микрошлифов позволяет провести детальный анализ термически поврежденных зон поверхности (рис.2). На микроснимке показан тонкий, необязательно большой, слегка подкрашенный, невытравленный наружный слой, который был подвергнут переплавке в процессе электроэрозионной обработки, на котором можно наблюдать изменения химического состава. На микроснимке также показана немного более темная, грубая зона, на которой прошел процесс закалки с соответствующими структурными изменениями, а также отпущенная зона глубиной 15 – 40 мкм. Структура этой зоны похожа на структуру основного материала. Она граничит с зоной, не поврежденной температурным воздействием, которая начинается с глубины 40 – 45 мкм.

It is particularly the economic factor which has made wire cutting by the spark machining technique popular in the cutting tool engineering sector.

Successful application of this technique, however, presupposes precise knowledge of the parameters influencing the cutting and wear properties.

The tools obtained by spark erosion grinding, sinking and wire cutting differ mainly with regard to their respective material properties encountered in the outer, thermally affected tool zones that are exposed to wear stresses during tool service.

Since spark erosion wire cutting as is a thermal material removal process, electrical discharge sinking, the wire cutting process is likely to cause similar chemical and mechanical changes in the cutting zone as have occasionally been observed in tools machined by electrical discharge sinking. These changes need to be subjected to closer examination.

Metallographic microsections permit precise analysis of the thermally affected surface zones (Fig. 2).

The micrograph shows a thin, not necessarily continuous, light-coloured, unetchable outer layer which was exposed to remelting in the EDM process and which exhibits changes in chemical composition.

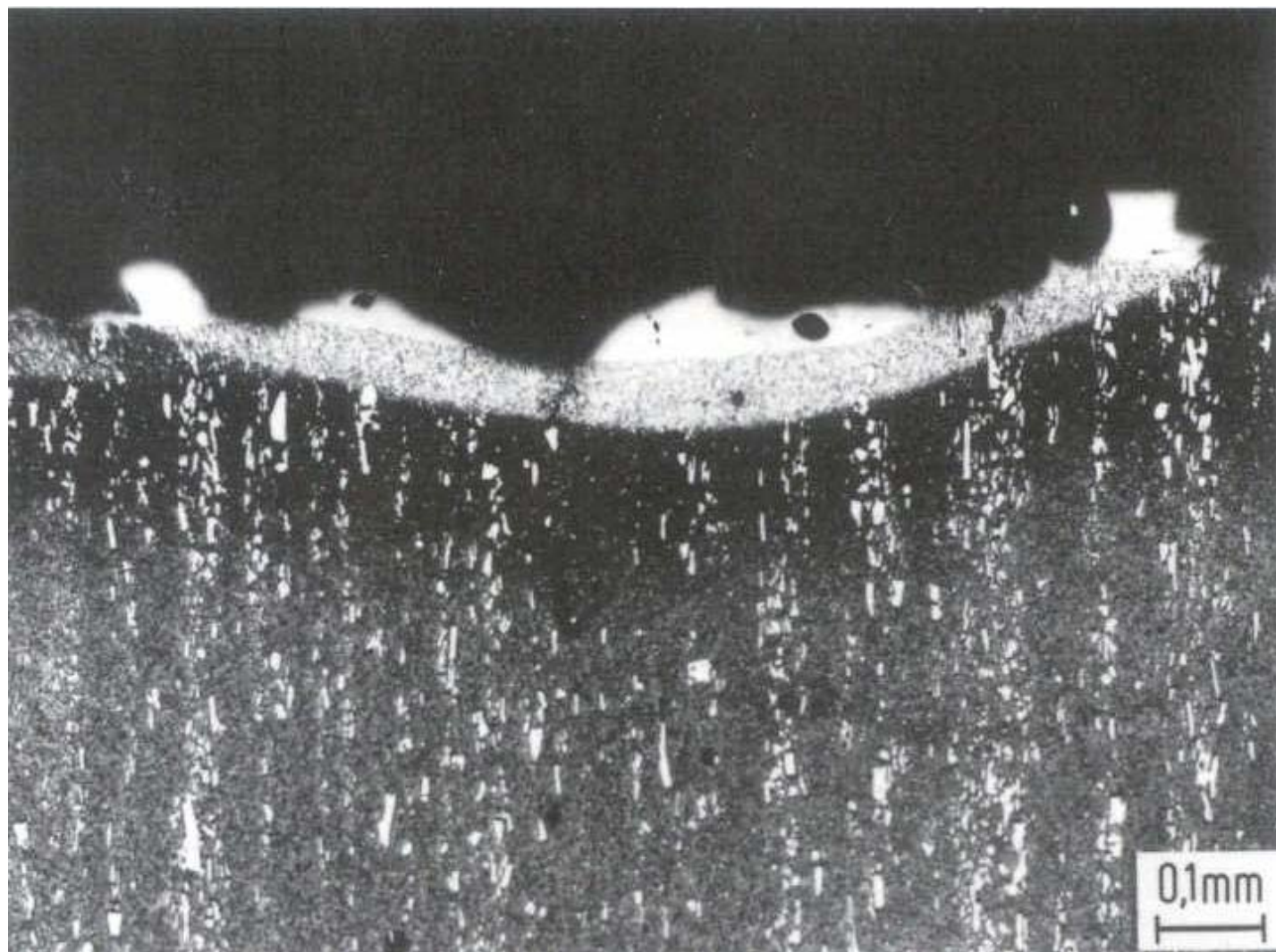
The micrograph also reveals a slightly darker, rough zone in which hardening processes with the accompanying structural changes occurred, as well as a zone exposed to tempering processes extending down to 15 μm - 40 μm in depth.

The structural appearance of this zone resembles that of the base material.

It borders on the thermally unaffected zone, which starts from a depth of 40 - 45 μm .

Влияние электрического разряда на поверхность образца из стали X210Cr12

Influence of electric discharge on the surface of a specimen of grade X210Cr12



РАЗБРОС ТВЕРДОСТИ ПО ПОВЕРХНОСТНЫМ ЗОНАМ ЛЕДЕБУРИТНОЙ СТАЛИ, ОБРАБОТАННОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОТРЕЗКОЙ

Зона 1:

Зона 1 инструмента, изготовленного из стали X165CrMoV12 (BÖHLER K105) остается не поврежденной температурным воздействием при обработке электроэрозионной отрезкой.

Зона 2:

В зоне 2 процесс отрезки создает температуру 450 – 680 К. В мартенсите начинается снятие остаточных напряжений и выпадение мелкодисперстных карбидов.

При температуре выше 250 К остаточный аустенит также начинает трансформироваться.

Исходя из диаграммы отпуска видно, что общая твердость структуры падает.

Зона 3:

Максимальная температура, возникающая в зоне 3, равна 670 – 810 К. Снятие остаточных напряжений в мартенсите, сопровождаемое выпадением мелкодисперстных карбидов, продолжается. Однако, температуры, создаваемые в этой зоне электроэрозионной отрезкой, уже достигают уровня, на котором легирующие элементы стали начинают формировать мелкодисперстные МЗС, М7С3 и М23С6 карбиды со свободным углеродом. Это предотвращает снижение твердости, вызванное снятием напряжений в мартенсите и снова увеличивает общую твердость.

Зона 4:

В этой зоне температура составляет 810 – 960 К. Формирование карбидов и снятие напряжений в мартенсите закончилось. Коагуляция мелкодисперстных карбидов с образованием более крупных групп карбидов приводит к резкому падению твердости. Минимум твердости наблюдается при температуре около 1220 К, которая грубо соответствует температуре смягчающего отжига.

Зона 5:

При температурах между 960 и 1270 К карбиды МЗС начинают распадаться, увеличивая таким образом количество свободного углерода, который, в свою очередь, вступает в связь с железом, образуя смешанный кристаллический аустенит. Закалка этой структуры в холодной диэлектрической жидкости снова ведет к формированию тетрагонально напряженного мартенсита, ведущего к повышению твердости.

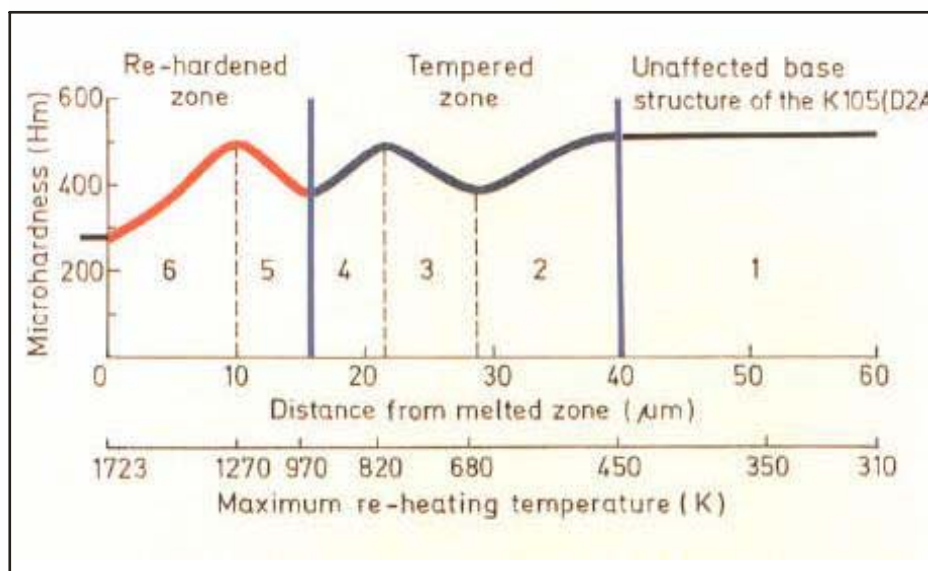
Зона 6:

Температуры в этой области лежат между 1270 К и температурой плавления, которая составляет примерно 1723 К. Это ведет к появлению перегретой структуры, которая, в сочетании с большим количеством свободного углерода, ведет в свою очередь к увеличению содержания остаточного аустенита до более чем 40 %, что вызывает существенное снижение твердости.

Значения твердости, измеренные в крайней, небольшой, слегка окрашенной зоне составляют примерно 250 Гм (микротвердость), являются очень низкими и показывают наличие полностью измененной структуры.

Это не может быть приписано к трансформации структуры, несмотря на неравномерный закалочный эффект диэлектрической жидкости, который наоборот дает более твердую структуру. Теоретически, причиной низкой твердости может быть «непереключение» на твердую структуру.

В отдельных случаях наблюдается окисление по границам зерен. Это, вместе с геометрически сложными формами может привести к образованию трещин.



VARIATION IN HARDNESS THROUGH THE SURFACE ZONES OF A WIRE-CUT LEDEBURITIC STEEL

Zone 1:

Zone 1 of the tool made from ledeburitic X165CrMoV12 steel (BOHLER K105) remains thermally unaffected during wire cutting by the spark machining technique.

Zone 2:

In zone 2 the wire cutting process generates a temperature of 450 to 680 K. Martensite starts to undergo stress-relief and to precipitate finely dispersed carbon.

At a temperature above 520 K the residual austenite also starts to transform.

As suggested by the tempering chart, overall structural hardness decreases.

Zone 3:

The maximum temperatures in zone 3 reach 670 - 810 K. Martensitic stress-relief accompanied by the precipitation of finely dispersed carbon continues. However, the temperatures developed in this zone by the wire cutting process already reach a level at which the alloying elements of the steel start to form finely dispersed M₃C, M₇C₃ and M₂₃C₆ carbides with the precipitated carbon. This counteracts the hardness decrease caused by martensitic stress-relief and causes the overall hardness to increase again.

Zone 4:

In this zone the temperatures amount to about 810 - 960 K. Carbide formation and stress-relief of the martensite have come to an end. Coagulation of the finely dispersed carbides to form larger carbide clusters causes a sharp decrease in hardness. The hardness minimum occurs in the temperature range of about 1220 K, which corresponds roughly to that of soft annealing.

Zone 5:

At temperatures between 960 and 1270 K the M₃C carbides start to dissolve, thus yielding free carbon which in turn combines with iron to form the mixed crystal austenite. Quenching the structure with cold dielectric fluid again causes the formation of tetragonally stressed martensite involving a hardness increase.

Zone 6:

The temperatures in this zone range between 1270 K and melting temperature, which is about 1723 K.

This leads to a superheated structure, which, combined with the high content of dissolved carbon, results in an increase of the residual austenite content to more than 40 % and thus to substantially reduced hardness.

The hardness values measured in the outermost, noncontinuous light-coloured zone amounting to about 250 H_m (micro-hardness) are very low and are indicative of a completely changed structure.

This cannot be attributed to structural transformations, in spite of the abrupt quenching effect of the dielectric fluid, which would indeed suggest the presence of a harder structure.

Theoretically, the cause of the low hardness values may be the nonoccurrence of the change-over to "hard" structure.

Grain boundary oxidation is sporadically observed. This together with geometrically intricate shapes can lead to the formation of fissures.

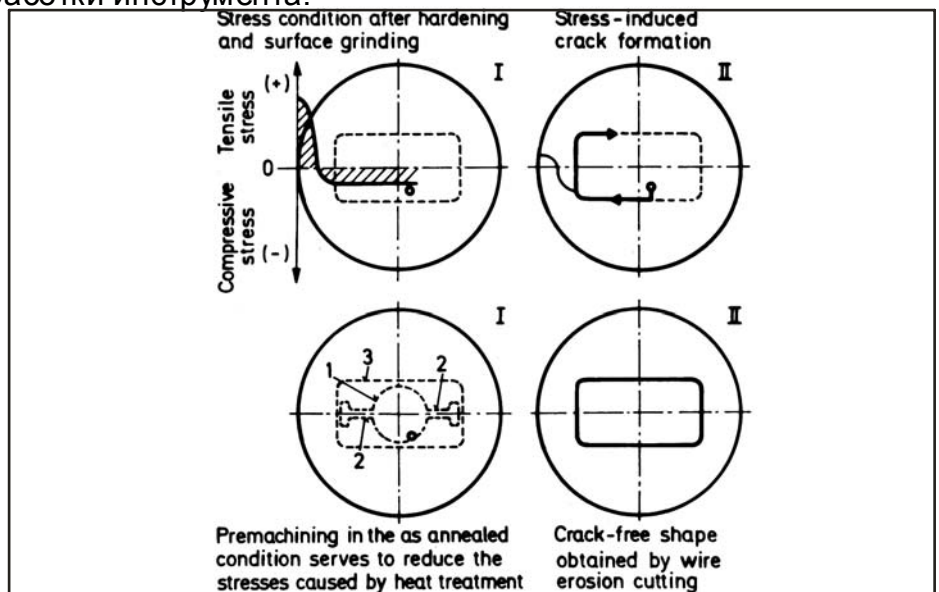
ДАННЫЕ, СОБРАННЫЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ СПЕЦИФИЧЕСКИХ СЛУЧАЕВ ОТКАЗА ИНСТРУМЕНТА В ДЕТАЛЯХ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКИРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ EXPERIENCE GATHERED ON THE BASIS OF SPECIFIC CASES OF TOOL FAILURE IN COMPONENTS PRODUCED BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Для оценки склонности закаленных частей инструмента к образованию трещин, разумно сперва проанализировать остаточные напряжения по специальным иллюстрациям (рис. 4). Совмещение остаточных напряжений, вызванных механической обработкой и термообработкой и напряжений, возникающих в результате электроэрозионной обработки, зачастую ведет к появлению больших трещин и к изменениям размеров, особенно в частях инструментов, изготовленных из высокоуглеродистых, высоколегированных хромом холодноштамповых сталей и быстрорежущих сталей, твердость которых обычно составляет 60 – 66 HRC. Этот риск может быть снижен путем изготовления желобов со скругленными углами (как показано на рис. 4) с целью снятия напряжений. Следует также отметить, что проволоки меньших диаметров являются концентраторами больших напряжений во время резания, таким образом увеличивая склонность материала к образованию трещин.

For judging the crack formation susceptibility of hardened tool elements it is advisable to first analyze the residual stresses on the basis of specific illustrations (Fig. 4). Particularly in tool components made from high carbon, high chromium cold work tool steels and high speed steels, which usually feature hardness values between 60 and 66 HRC, the concurrence of residual stresses resulting from machining and heat treatment operations with the stresses imposed by the spark erosion technique frequently leads to the formation of fissures and to dimensional changes. This risk can be reduced by providing machining slots with round corners (as indicated in Fig. 4) for the purpose of stress-relief. It should also be noted that smaller wire diameters cause higher stress concentrations during cutting, thus increasing the material's susceptibility to crack formation.

Предотвращение образования трещин при электроэрозионной обработке инструмента.

Prevention of crack formation in spark erosion machining of tools



ИССЛЕДУЕМЫЙ СЛУЧАЙ: ОТКАЗ ВЫТЯЖНОГО ПУАНСОНА ИЗ-ЗА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

CASE STUDY: DRAWING PUNCH FAILURE CAUSED BY ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

На рис. 5 показан пуансон после отказа. Начальный материал, использованный для этого вытяжного пуансона была цельная заготовка в форме диска диаметром 143 мм и толщиной 52 мм, термообработанная и шлифованная. В ней было сделано 5 глухих резьбовых отверстий, одно базовое отверстие и два стартовых отверстия для операций электроэрозионной отрезки. Форма инструмента была получена в основном электроэрозионной обработкой, применяя метод отрезки. Сначала была вырезана внутренняя форма, затем инструмента переустановили для вырезания наружной формы. Во время этой операции образовались трещины, так как произошло снятие внутренних напряжений. Мастер заметил трещины после процесса обработки. Использованный материал – сталь X165CrMoV121, электрошлаковый переплав.

Fig. 5 shows the drawing punch after failure. The starting material used for the drawing punch was a disk-shaped, solid blank measuring 143 mm in diameter and 52 mm in thickness, heat treated and ground. It was provided with five tapped blind holes, one locating blind hole and two starting holes for the wire cutting operation. The tool shape was obtained mainly by electrical discharge machining, employing the wire cutting technique. First the internal shape was cut, then tools were changed to cut the external shape. During this cutting operation, cracks were being formed as internal stresses were relieved. The toolmaker detected the cracks after the machining process. The material in question was electroslag remelted X165CrMoV12 1 steel.

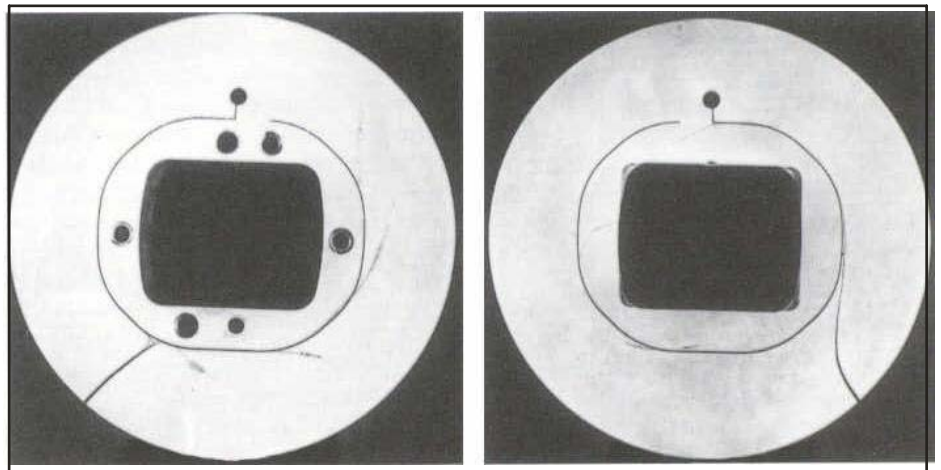


Рис. 5. Снятие напряжений при образовании трещин во время электроэрозионной отрезки.

Fig. 5: Stress relief by crack formation during wire cutting by spark erosion

Анализ отказа дал следующие результаты :

1. остаточные напряжения в заготовке инструмента, возникшие из-за

1.1. предварительной обработки и базовых и глухих отверстий;

1.2. некачественной термообработки;

1.3. плоского шлифования двух торцовых сторон.

2. С металлургической точки зрения, цельная заготовка диаметром 143 мм и толщиной 52 мм была необоснованно большой по отношению к конечному размеру пуансона. Более того, операция вырезки проводилась без обработки на диске каких-либо канавок для снятия напряжений.

3. Форма вытяжного пуансона вырезалась по предварительно установленной программе при очень высокой скорости резания = 1,3 мм/мин.

The failure analysis yielded the following results:

1. Residual stresses in the tool blank built up by

1.1. premachining and the tapping of locating and blind holes;

1.2. improper heat treatment;

1.3. surface grinding of the two plane faces

2. From the metallurgical point of view, the solid blank measuring 143 mm in diameter and 52 mm in thickness was unreasonably big in relation to the finished punch size. Moreover, the wire cutting operation was carried out without having machined into the disk any relief grooves of whatever type.

3. The drawing punch shape was cut in accordance with a preset programme at an extremely high cutting speed of 1.3 mm per minute.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ PRECAUTIONS

В процессе производства пуансона, его внутренняя форма была предварительно обработана перед термообработкой и были сделаны глухие резьбовые отверстия. Сразу после закалки, заготовка была подвергнута отпуску с необходимым временем выдержки.

Торцовые поверхности заготовки были подвергнуты периферийному шлифованию и скорость резания была снижена до 0,5 мм/мин.

Эти меры предосторожности были приняты для снижения риска отказа.

Полный контроль процесса производства вытяжного пуансона также подразумевает использование более подходящего размера заготовки, что, помимо экономии материала, дает улучшение металлургических свойств.

In the production process for the replacement punch, the internal punch shape was premachined prior to hardening and the tapped blind holes were pinned. Immediately after hardening, the blank was tempered, allowing for an adequately long holding time.

The flat surfaces were subjected to peripheral grinding and the wire cutting speed was reduced to 0.5 mm/min.

These precautions served to eliminate risks of failure. The complete revision of the drawing punch production process also resulted in the use of a more suitable blank size, which yielded improved metallurgical properties in addition to the advantage of reduced material discard.

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

INFLUENCE OF THE LEVEL OF NONMETALLIC INCLUSIONS ON THE ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING PROPERTIES

Была протестирована серия образцов из стали X210Cr12 с различным содержанием шлака в пределах допускаемых значений. Уровень загрязнения в тестируемом материале по методу Ернkontoret варьировался между 0,58 и 1,15.

Анализ влияния содержания шлаков (как конечные значения, так и максимальные значения по ASTM) на свойства электроэрозионной обработки не выявил зависимости между содержанием шлаков в материале и его обрабатываемостью.

Сталь для литья пластмасс марки 40CrMnMoS8-6 имеет повышенное содержание серы, примерно 0,08% с целью повышения обрабатываемости.

На рис. 6 показано, что электроэрозионный процесс при обработке этой марки стали легче проходит в местах скопления сульфидов. При неблагоприятных условиях, например в случае сложной формы заготовки, могут появляться трещины.

Даже если трещины не образуются, эти скопления сульфидов имеют неблагоприятное воздействие на качество поверхности стали с добавлением серы. Таким образом, не рекомендуется использовать для обработки пластмасс стали, легированные серой, обрабатываемые с применением большого числа операций ЭО.

Поверхность стали для литья пластмасс, обработанная с помощью ЭО (WNr. 1.2312)

A series of X210Cr12 specimens with different slag contents within the admissible scatter range were examined. The slag inclusion rating according to Jernkontoret varied between 0.58 and 1.15 in the material examined.

An analysis of the influence of the slag content (both total values and maximum values to ASTM) on the electrical discharge machining properties revealed no correlation between the materials slag inclusion level and its machinability.

The 40CrMnMoS8-6 plastic mould steel grade features an increased sulphur content of approx. 0.08 % for the purpose of improved machinability.

Fig. 6 shows that in this mould steel grade spark erosion occurs preferably in the region of the sulphide bands. Under unfavourable conditions, e.g. in the case of intricate workpiece shapes, this may cause the formation of cracks.

Even if cracking does not occur, these sulphide bands have an adverse effect on the surface quality in steels with a sulphur addition. Therefore, sulphur alloyed steels are not recommended for mould production processes involving a great deal of EDM operations.

Electric discharge machined surface, sulphur alloyed plastic mould steels (WNr. 1.2312)



ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ СОПУТСТВУЮЩЕГО ЭЛЕКТРОЛИЗА PREVENTION OF ACCOMPANYING ELECTROLYSIS

В настоящее время процессы электроэрозионной отрезки проводятся в основном с использованием деминерализованной воды, которая ведет себя как слабый электролит при быстром резании уровень проводимости воды зачастую повышается.

Напряжение, сопровождающее разряд одновременно ведет к возникновению электролиза который, на основании поля рассеяния, начинается везде, где с помощью воды устанавливается электрический контакт между двумя электродами. В этих условиях статические пульсовые генераторы более предпочтительны, т.к. они не оставляют напряжения на электродах в период покоя. Для того, чтобы избежать возникновения такого рассеяного электролиза, который, помимо всего, также ведет к снижению эффективности эрозии, вода, используемая в этом процессе, тщательно разряжается, и ее количество должно быть ограничено.

В противном случае поверхность заготовки над всеми границами зерен будет подвергаться точечному электролизу, делающему необходимой последующую обработку поверхности.

На практике используются защитные спреи и покрытия, когда время пребывания проволочного электрода около поверхности заготовки нельзя свести к минимуму.

Явление сопутствующего электролиза особенно неблагоприятно, когда оно провоцирует размягчение материала в зоне резания, например, на углах втягивания, из-за частичного распада кристаллической структуры. Этому эффекту следует уделять должное внимание при обработке электроэрозионной отрезкой спеченных металлов. Возможно также исправление с помощью последующих сглаживающих резов.

Today, electrical discharge cutting processes are carried out mainly by use of demineralized water, which acts as a weak electrolyte. For fast cutting operations the water conductivity values are often increased.

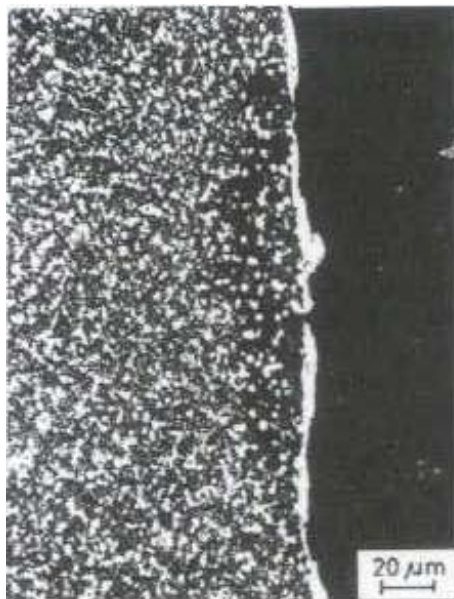
The voltages accompanying the discharge result in a simultaneous electrolysis which, on account of the stray fields, becomes effective wherever the water establishes an electrical connection to the two electrodes. For these conditions, static pulse generators are more favourable since they leave no voltage on the electrodes in the quiescent period. In order to avoid such stray field electrolyses, which after all also cause a decrease in erosion efficiency, the process water should be properly discharged and the process water quantity should be limited.

Otherwise the workpiece surface, above all the grain boundaries, will be exposed to point-type electrolysis attacks rendering necessary subsequent surface treatment.

In practical application, protective sprays and covers are used when the holding time of the wire electrode near the workpiece surfaces cannot be limited to a certain minimum.

The phenomenon of accompanying electrolysis is particularly unfavourable when it causes material softening within the cutting zone, e.g. in the intake corners, by partial dissolution of the crystal structure. This effect must be given due attention when carrying out EDM cutting operations on sintered metal. Remedy is also possible by subsequent smoothing cuts.

Коррозия на поверхности стали
порошковой металлургии,
подвергнутой электроэрозии,
вызванная рассеяным
электролизом.



Corrosion on the spark eroded
surface of a PM steel caused
by stray field electrolysis



КАЧЕСТВО ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

QUALITY OF THE DIELECTRIC FLUID

Диэлектрическая жидкость влияет на:

- технологию
- коррозионные свойства
- внешнюю зону
- шероховатость поверхности

The dielectric fluid exerts an influence on:

- technology
- corrosion properties
- outer zone
- surface roughness

К свежей воде предъявляются следующие требования:

- pH-уровень 7,5 - 8,5
- проводимость <150 μ S
- содержание Cl - <20 мг
- содержание сульфата SO_4^{2-} - <12 мг/л
- твердость Ca^{2+} <120 мг/л (16 dH°, 29 fH°)

The fresh water has to meet the following requirements:

- pH-value 7.5 - 8.5
- conductivity <150 μ S
- chloride content Cl - <20 mg
- sulphate content SO_4^{2-} <12 mg/l
- hardness Ca^{2+} <120 mg/l (16 dH, 29 fH)

Если имеющаяся вода не соответствует этим требованиям, ее следует поставить им в соответствие!

If the available water does not meet these specifications, it has to be conditioned!

Создание необходимых условий:

- привести проводимость в соответствие с технологическими стандартными таблицами значений
- никогда не добавлять соли, особенно хлорсодержащие соли (хлориды)
- никогда не фильтровать в диатомите.
- никогда не использовать хлорсодержащие чистящие средства в той же комнате.

Conditioning in the dielectric fluid aggregate:

- Adjust the conductivity value according to the technological standard value charts
- Never add salts, particularly chloride containing salts (chlorides)
- Never filter in diatomite
- Never use chloride-containing cleaning agents in the same room

Представитель в Вашем регионе: _____
Your partner:



BOHLER INTERNATIONAL GmbH
Ул. Петровка, 27, ОАО «Венский дом»
103031 Москва
Россия
TELEFON: (095) 200-0309
TELEFAX: (095) 937-4534
e-mail: bohlerint@edunet.ru
www.bohler-edelstahl.at

Данные, содержащиеся в этой брошюре, предназначены только для передачи основной информации и ни к чему не обязывают компанию. Обязательства накладываются только в случае наличия контракта, в котором подобные данные четко оговорены как обязательства. При производстве нашей продукции не используются вещества, вредные для здоровья или озонового слоя.

The data contained in this brochure is merely for general information and therefore shall not be binding on the company. We may be bound only through a contract explicitly stipulating such data as binding. The manufacture of our products does not involve the use of substances detrimental to health or to the ozone layer.