

СТАНОВИЩЕ

По дисертационния труд на
маг.инж. Евгений Александрович Панин на тема

РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА НОВ ИНОВАТИВЕН ПРОЦЕС "ВАЛЦУВАНЕ-ПРЕСУВАНЕ" ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА УЛТРАДРЕБНОЗЪРНЕСТА СТРУКТУРА НА МЕТАЛА

за придобиване на образователната и научна степен „Доктор“
по научна специалност 02.01.17 – «Технологии, машини и системи
за пластично деформиране»

Дисертацията е посветена на актуалния проблем за подобряването на качеството на деформируемия метал като един от основните проблеми при разработването на нова технология или подобряване на процеса на обработка на металите. Един от тези методи е пресуването в матрици с различни конструкции, по-специално равноканална стъпкова матрица. Но този метод има и съществен недостатък - не могат да се деформират дълги заготовки. Дължината на изходните заготовки е ограничена от работното пространство на пресата, по-специално - работния ход на пуансона на пресата. Също така, недостатък на този метод на деформация е и фактът, че не се осигурява непрекъснат процес на пресуване. Тези обстоятелства правят актуални и значими настоящите изследвания върху разработването на нови технологии за производство на дълги детайли, които имат по-високо ниво на механични свойства.

Целта на изследването е проучване и разработване на нов иновационен процес на "валцуване – равно канално ъглово (РКЪ) пресуване" за да се получи ултрадребнозърнеста (УДС) метална структура.

В дисертацията са представени: комбиниран метод за деформация, който осигурява подобряване на механичните свойства и значително намаляване на размера на зърната в обема на заготовката чрез прилагане на интензивна знакопроменлива деформация;

нови способи за прилагане на комбинирания процес, защитени с патенти на Казахстан. С теоретични и с експериментални изследвания е доказана тяхната ефикасност за осигуряване на хомогенна метална структура;

метод за изчисляване на енерго-силовите, както и кинематичните параметри на комбинирания процес на "валцуване - РКЪпресуване";

модели за изчисляване на енерго-силовите и кинематични параметри на процеса;

- закономерности на изменението на напрегнато-деформационното състояние на метала в огнището на деформация за различни основни параметри на процеса;

- резултати от анализа на влиянието на ко-процеса върху микроструктурата и механичните свойства на алуминиевата и медна сплави марки М1 А16063.

Направена е оценка на текущото състояние на проблема за подобряване на качеството на метални изделия в зависимост от метода на пластична деформация, анализ на оборудването и методите за производство на заготовки с УДС. Въз основа на анализа са формулирани целите и задачите на изследването.

Разработен и описан е нов метод за интензивна пластична деформация - "валцуване - РКЪпресуване", който в сравнение с конвенционалното пресуване в РКЪ-матрица премахва ограниченията върху изходните размери на заготовките. А наличието на втората двойка валци след матрицата дава възможност за непрекъснат процес на деформация.

Като резултат от теоретичните изчисления са разработени аналитични формули за определяне на напреженията в РКЪматрицата при преминаването през нея на заготовката посредством активните трикционни сили, създадени от калибрираните и гладки валци.

Изведени са аналитични уравнения за изчисляване на напреженията на пресуване и валцуване в гладки и калибрирани валци, необходими за деформиране на заготовката, в зависимост от геометрията на канала и коефициента на триене

Установено е, че използването на калибрирани валци, при еднакви изходни параметри, позволява ко-процесът да се осъществи с по-малък ъгъл при значително по-малки деформации. Друго несъмнено предимство на използването на калибрирани валци е възможността да се контролира разширяването на заготовката по време на деформацията във валците.

Реализирано е кинематично изчисление на процеса с използване на гладки и калибрирани валци, за да се определят параметрите, които гарантират непрекъснатост на процеса. Установено е, че освен скоростта

на метала на изхода от матрицата, ключов фактор е и диаметърът на втората двойка валци, чрез вариране на стойностите на които може да се постигне оптимална скорост на валците за реализирането на този комбиниран процес.

Представени са резултатите от компютърна симулация на изследвания процес в софтуерните системи Deform (изучаване на напрегнато-деформирано състояние) и Simufact (изучаване на еволюцията на микроструктурата). Симулационните резултати показват, че, както в случая с гладки валци, така и с калибрирани, изборът на оптимални геометрични и технологични параметри е от решаващо значение за възможността за осъществяване на процеса на "валцуване-РКЪпресуване". Грешен избор поне на един от параметрите, може да доведе до невъзможност за реализиране на процеса.

Определени са рационални геометрични и технологични параметри на процеса за производство на заготовки с квадратно или правоъгълно напречно сечение с програма, съставена в редактор Excel, която е разработена на катедрата по пластична деформация на Карагандинския държавен индустриален университет с участието на дисертанта.

За определяне на стойностите на напрежението и деформацията са определени значенията на компонентите на съответните тензори.

При прилагането на комбинирания процеса в метала, както е показано, последователно възникват три зони на деформация, което прави процеса доста сложен. За изучаването на параметрите на НДС, е изследвана не само еквивалентната деформация и еквивалентното напрежение, но също така и параметрите, които позволяват да се оцени делът на напреженията на опън и натиск в огнището на деформация.

Разработени са още няколко модела, които се различават от базовия модел с промяната на значението на само един параметър. Допълнителните модели са със следните променени параметри:

- 1) температура на нагряване на заготовките 850°C и 550°C ;
- 2) с тъгъл между зоните в канала на матрицата 160° ;
- 3) с коефициент на триене между валците 0.7 (което съответства на изкуствено създадена повърхност с груба насечка);
- 4) с коефициент на триене в матрицата от 0.05 (който съответства на смазване при използване на полирана повърхност);
- 5) с дължини на първия канал в матрицата 80mm и 60mm.

Доказва се, че такива фактори, като ъгълът между участъците на матричния канал и температурата на нагриване на заготовките имат значителен ефект върху разпределението на напреженията и натрупаната деформация в целия обем на заготовката при прилагането на ко-процеса, а промяната на стойностите на коефициента на триене и дължината на каналите в матрицата (в границите на допустимите стойности) не променят съществено параметрите на НДС за дадения комбиниран процес.

За да се направи оценка на ефективността на използването на хоризонтални и вертикални валци чрез изследване на напрегнатото състояние, се използва коефициент Lode-Nádai, който позволява да се оцени естеството на деформация в конкретната точка (опън, натиск или срязване).

Специализиран софтуер за бази данни Matilda е използван за изследване на развитието на микроструктурата. Тази програма е инструмент за симулация на физико-химични процеси, протичащи в деформирания метал и е модулна надстройка към програмата Simufact. В проучването на развитието на микроструктурата в базовия модел, като изходен размер е приет среден диаметър на зърната от 40mkm.

След третия проход е получен среден диаметър на зърното в повърхностната зона при използване на хоризонтални валци 6mkm, в централната зона - 11mkm, т.е., разлика 5mkm. При използване на вертикалните ролки размерът на зърното в зоната на повърхността е 5mkm, в централната зона – 8mkm, т.е., разликата е само 3mkm.

По този начин, в резултат на изследването на много етапната деформация е установено, че с увеличаване на броя на проходите (деформациите) се постига не само общо намаление на средния диаметър на зърното, но също така - и постепенно изравняване на този параметър между централните и повърхностни слоеве на метала.

Проведени са лабораторни изследвания на експерименталния агрегат за прилагане на ко-процеса. За тази цел е конструирана експериментална конструкция на равноканална многозонна матрица, а на базата на станове Дуо-200 и Дуо-250 е комплектована уснaновката за реализиране на ко-процеса „валцуване-РКЪпресуване“, съдържаща две валцови клетки и матрица, разположена между тях.

За проучване на енерго силовите параметри на процеса е използван тензометричен метод.

Извършени са два експеримента: деформиране на заготовки от алуминий и мед. В качеството на изходни материали са използвани: алуминиева сплав 6063 (аналог на алуминиевата деформирана сплав AD31) и М1 медна сплав (чиста техническа мед) (по ГОСТ). И двата материала са деформирани при стайна температура. Този избор на материали се обосновава с два фактора:

1) взети са алуминий и мед, за да се изучава процеса на въздействие на деформирането върху различни по природа материали;

2) алуминиевите заготовки са от сплав със значителен дял от различни добавки, а медта - под формата на технически чист материал - за да се определи влиянието на процеса върху формирането на структурата и механичните свойства в зависимост от степента на чистота на материала, който се изучава.

Експериментално е изследвано влиянието на ко- процеса на деформация върху развитието (изменението) на структурата и механичните свойства на заготовките от алуминий и мед. Реализирани са три цикъла на деформация, в съответствие с резултатите от компютърната симулация:

- първи цикъл: заготовка с дебелина 15mm се валцува до дебелина 10mm в първата двойка валци, преминава през матрица с височина на канала 10mm и след това се валцува до дебелина 9mm във втората двойка валци. След първия цикъл, напречното сечение на заготовките е с размери 9x28.7mm;

- втори цикъл: заготовка с дебелина 9mm се валцува с абсолютна деформация 2mm в първата двойка валци, преминава през матрица с височина на канала 8mm и допълнително се валцува с абсолютна деформация 1mm във втората двойка валци. След втория цикъл размерите на напречното сечение на заготовката са 7x30.4mm;

- трети цикъл: заготовка с дебелина 7mm се деформира с 2mm в първата двойка валци, преминава през матрица с височина на канала 6mm и след това се деформира с 1mm във втората двойка валци. След третия цикъл напречното сечение на заготовката е 5x32.2mm.

Установено е, че след три цикъла на деформация крайният размер на зърната от изследваните материали достига стойност от 2-5µm, което е недостатъчно за получаване на УДС структура. Този проблем е решен чрез въвеждане на допълнителни режими на предварителна термична

обработка. В резултат на това е получен среден размер на зърната 1,5-2mkm.

Основните резултати от дисертационния труд са свързани с:

Разработен е нов метод на деформация "валцуване – равнокалибрено ъглово пресуване", различаващ се от съществуващите технологии на пресуване с това, че става възможно да се осигури непрекъснатост на процеса на деформация и да се отстраняват ограниченията по размерите на изходните заготовки (по този способ са защитени технологии и конструкции и получени следните патенти на Република Казахстан: N23802; N25862; N25863; N27262);

Получени са теоретични зависимости за определяне на силата на съпротивление в равно-каналната матрица при преминаването на метала през нея, дължащи се на активните сили на триене, генерирани от калибрите и гладките валци;

Реализирано е изследване на условията при използване на гладки и калибрирани валци при изпълнението на комбинирания процеса на "валцуване - РКЪпресуване". Установено е, че използването на калибрирани валци (при еднакви първоначални параметри) позволява ко-процесът да се реализира с по-малък ъгъл на стиковка на каналите в матрицата при значително по-малка деформация;

Кинематичните изчисления са показали, че ключов фактор за непрекъснатостта на процеса е диаметърът на втората двойка валци, чрез вариране на стойностите на който може да се постигне оптимална скорост на валцуване.

Извършено е моделиране на ко-процеса с използване на гладки и калибрирани валци, както и на комбинации от хоризонтални и вертикални ролки (валци) на изхода от матрицата и е установено, че фактори като ъгълът на стикование на каналите в матрицата и температурата на нагряване на заготовката имат значителен ефект върху разпределението на напреженията и натрупаната деформация. В същото време, изменението на стойностите на коефициента на триене и дължината на каналите в матрицата (в границите на допустимите стойности) няма съществено влияние върху параметрите на напрегнато-деформационното състояние (НДС) на метала.

Конструираното лабораторно съоръжение е тествано чрез деформиране на оловни проби, за да се проучи ушивението на метала като ключов параметър при използването на гладки ролки. В резултат на това

изследване е получена формула за изчисляване на уширението при ко-процеса. Също така, са определени стойностите на коефициента на корекция, който отчита влиянието на съпротивлението в матрицата.

Използвайки тензометрични методи, са изследвани енерго-силовите параметри на комбинирания процес. Анализът на резултатите от измерванията е показал, че силата на валцуване при деформация на алуминий и мед са по-големи от съответните стойности на силата на пресуване, което е необходимо условие за реализирането на интегрирания процес. При това, резервът от активни сили на триене в първата клетка при предвижването на заготовката през каналите на матрицата намалява значително.

Изследвани са механичните свойства и микроструктурата на заготовки от алуминиева 6063 и медна М1 сплави след деформация по разработения комбиниран процес и конвенционалния РКЪП (равнокалибрено ъглово пресуване) и е установено, че новият комбиниран процес „валцуване – РКЪпресуване“ има неоспорими предимства пред РКЪП за по-интензивното издребняване на зърното на метала и за получаване на по-високи механични характеристики на деформирания метал.

Изследвано е също така и влиянието на различни предварителни режими на термообработка (ТО) (отгряване+закалка) върху микроструктурата и е установено, че предложеният режим е ефективен начин за получаване на УДС структура в алуминиева сплав 6063. Използването на този режим на ТО, съчетано с реализирането на три цикъла на комбинирания процес, позволява да се постигне размер на зърната 600-800nm. В същото време, е установено, че предварителната ТО на медната сплав М1 позволява да се получи среден размер на зърната от 1,5 – 2mkm, което означава, че различните режими на предварителна ТО имат незначително влияние върху структурните промени в медната сплав, деформирана по комбинирания процес.

С използването на методите на квалиметрията са получени комплексни показатели за качеството на заготовките от алуминиева сплав 6063 след деформация при РКЪП и при предложения комбиниран процес. Сравнението на тези резултати доказва предимствата на предлаганата комбинирана технология в сравнение с конвенционалната. Също така са изведени регресионни уравнения, адекватно описващи зависимостта на

комплексния показател на качеството на заготовките от броя на циклите на деформация.

Резултатите от дисертационните изследвания могат бъдат полезни за инженери, конструктори и други специалисти в разработването и прилагането на ефективни производствени процеси за получаване на метални изделия с УДС.

Лични впечатления. С инж. Е.Панин работим съвместно около три години. Моето впечатление за него е като за утвърден изследовател, сам мотивиращ и определящ целите на изследванията, под негово ръководство е конструирана и изпълнена лабораторната инсталация. Важно е да се отбележи и че стилът му на изложение е мотивиран, кратък, на високо професионално ниво. Освен на руски език, преподава дисциплина и на английски. Дисертацията представи също така на руски и на английски езици. Има професионални компютърни умения, работи с програмни езици и софтуерни системи.

По резултатите от дисертационните изследвания представя 18 научни труда, в т.ч., 4 патента на Република Казахстан и 4 публикации в списанието на ХТМУ. Докладвал е на редица международни конференции, в т.ч. и на Международната конференция по металургия в София.

Трябва да подчертая и важната положителна роля на ръководителя на дисертанта от казахстанския университет доц.д-р инж Сергей Лежнев, в чийто колектив се реализира програма за теоретични изследвания и създаване на промишлен агрегат за производство на дълги заготовки с УДС по разработените от тях нови метод и конструкции.

Базирайки се на казаното до тук, предлагам на научното жури да оцени високо дисертационния труд на маг.инж.Евгений Панин и да гласува за присъждането му на степен „Доктор“.

Член на журито:

(доц.дтн инж.Тончо Койнов)