

УДК 669.620

Кононенко А.В.<sup>1</sup>, Скребцов А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>асп. НУ «Запорізька політехніка»

<sup>2</sup>канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

### **ЗАЛІКОВУВАННЯ ПОРИСТОСТІ ПРИ СПКАННІ НЕСФЕРИЧНИХ ЧАСТИНОК ПОРОШКОВОГО ТИТАНУ**

Процес спікання порошків титану та легувальних елементів досліджують досить часто з метою встановлення розподілу хімічного складу. Але мало уваги приділяють дослідженням створення металевого контакту. У даній роботі запропоновано послідовність формування такого контакту.

Формування обрису титанового напівфабрикату здійснюється за технологією пресування. Саме на етапі формоутворення зусилля пресування передається на частинки порошку, що спричиняє накопиченню напружень в об'ємі кожної окремої частинки. Під дією цих напружень частинки порошку деформуються; з'являється, а потім

розвивається поверхня контакту. Така поверхня є перенапруженим мікрооб'ємом металевго матеріалу. Більшість частинок порошку мають неправильну форму, тому при їх деформації під час формування утворюється пористість. Пори будуть на поверхні матеріалу і всередині напівфабрикату. На етапі формування за рахунок сили пресування і, як наслідок, деформації частинок порошку рушійною силою буде контактна сила частинок. Ця сила включає сили тертя і капілярні сили. Надлишкові деформації (тобто пластична деформація частинок порошку) забезпечують текучість металу та пластичні мікропереміщення об'єму металу.

У подальшому процесі, а саме під час спікання, підвищення температури призводить до руйнування оксидів на поверхні частинок. Елементи, з яких складаються оксиди, мігрують у кристалічну решітку титану та спотворюють її. Тобто вони виступають в якості легуючих елементів і спотворюють решітку за механізмами, характерними для механізмів легування. Межі частинок порошку очищаються і під впливом напружень і температури починають дифундувати одне з одним. Тому до пластичної течії металевго мікрооб'єму додаються ще й дифузійні механізми. Утворена рушійна сила і напруження в металі при підвищенні температури активізують і інтенсифікують подальші процеси.

Під впливом поверхневої міграції атомів металу об'єм зразка «переміщується», а пори, що утворилися всередині зразка, поступово виходять на поверхню. Свідченням цього є ефект усадки. Одночасно з цим, триває спотворення міжчасткових пор. Їх поверхня, яка має розвинену геометрію і, як наслідок, підвищену вільну енергію, буде стискатися згідно з другим законом термодинаміки. Поряд з цим відбувається зменшення вільної енергії на поверхні пор. Ефект міграції атомів і зазначене зниження вільної енергії призводять до практично повного загоєння пор. Однак під час формування утворювалися пори різного розміру. Цілком зрозуміло, що час загоєння пор більшого початкового розміру буде довшим, оскільки у всьому матеріалі формуються однакові умови для перерахованих вище процесів. Тому умовно великі пори будуть зменшуватися, поки діє висока температура. Усадка збільшиться. Але режими спікання регламентовані і мають цілком визначені значення; зокрема час ізотермічної витримки. Тому умовно великі пори не встигають зарости і залишаються в об'ємі металевго напівфабрикату.

На практиці при виготовленні синтезованого напівфабрикату з порошку відомо, що збільшення тиску пресування (формування) призводить до утворення меншої пористості, яка загоюється під час ізотермічної витримки. Час ізотермічної витримки і температура

пов'язані наступним чином: підвищення температури дозволяє скоротити час витримки; і, навпаки, збільшення часу витримки дає можливість знизити температуру. Така поведінка можлива, коли відбуваються процеси, описані вище, і це не суперечить загальноприйнятим механізмам спікання.

З отриманих статистичних даних можна зробити висновок, що механізми формування металевого контакту частинок порошку титану подібні до описаних для мідних і залізних матеріалів в роботах Гіча Г.А. та Хегузїна Я.Є.