

СТРУКТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРОШКОВЫХ СТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ DISTALOY AE

С.Н.НАМАЗОВ

*Азербайджанский Технический Университет,
AZ 1073, Баку, пр.Г.Джавида, 25*

Проведены металлографические и электрономикроскопические исследования широко распространенных порошковых сталей Distaloy AE. Проведен анализ и утановлен механизм разрушения этих спеченных материалов. Предполагается, что их разрушение происходит путем роста имеющихся в структуре пор, а также образования на дефектах новых пор.

ВВЕДЕНИЕ

Обычно повторное нагружение с малой частотой приложения нагрузок сопутствует какому-либо другому виду нагружения – малоциклового усталости, длительному статическому нагружению и поэтому не всегда учитывается. Однако стало ясно, что повторно-статическое нагружение, или так называемая малоцикловая усталость, оказывает существенное влияние на несущую способность материалов в конструкциях. Разрушения от повторно-статического нагружения встречаются в силовых элементах самолётов, кораблей, деталях систем управления, периодически запускаемых двигателях, сосудах давления и др. [1].

Механические свойства спеченных материалов определяются их химическим составом, а также целым рядом структурных факторов: пористостью, прочностью межчастичных контактов, морфологией и размером пор, размером зерен, характером дислокационной субструктуры, наличием кристаллографической и структурной текстуры, неравномерностью распределения примесей, легирующих элементов и пор в объеме материала, фазовым составом сплава и другими факторами. Однако, специфика спеченных материалов проявляется, главным образом, в зависимости их механических свойств от пористости [2].

Известно, что повышение прочности компактных сталей приводит, как правило, к снижению вязкости разрушения [3]. Для порошковых сталей в большинстве случаев наблюдается обратная зависимость – с повышением прочности возрастает вязкость разрушения. Корреляция между характеристиками прочности и вязкости разрушения отмечалась и для других порошковых материалов [4, 5]. Это явление, по-видимому, связано с наличием пор в структуре спеченных порошковых сталей. Структурные исследования и фрактографический анализ порошковых сталей представляет определенный интерес. Влияние структурных характеристик на разрушение и усталостную долговечность порошковых сталей и железа опубликовано в работах [6, 7].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Образцы были изготовлены из широко используемого Distaloy семейства сталей, содержащих 4%Ni, 1.5%Cu и 0.5%Mo, которые имеют диффузионные связи с чистым железом и поддерживают самые высокие сжимаемость. Все порошки были смешаны с 0,5% мелкодисперсного графита и в большинстве случаев с добавками, которые, как ожидалось, изменяют морфологию пор. Стандартный сорт Distaloy AE, распыленный в воде, был получен из грубого порошка >45µm и

мелкодисперсной фракции $<45\mu\text{m}$ и сравнен с тем же самым сплавом, на основе железа. Образцы были прессованы 600МПа в R&D отделе Högans AB, Швеции. Спекание проводилось на промышленном оборудовании при 1120°C в некарбонильной защитной среде. Охлаждающая норма между 800 и 500°C была 1.0°C/s .

Металлографические анализы полученных материалов проводились на оптическом микроскопе производства Германии. Фрактографические исследования проводились на растровом электронном микроскопе (РЭМ) производства Германии. Обработку экспериментальных данных проводили на ЭВМ со специальной SAFD программой.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Металлографические анализы показали, что в материале Distaloy AE с дисперсностью $<45\mu\text{m}$ наблюдаются, в основном, сферические поры, а в материале с дисперсностью $>45\mu\text{m}$ - нерегулярные поры (Рис.1).

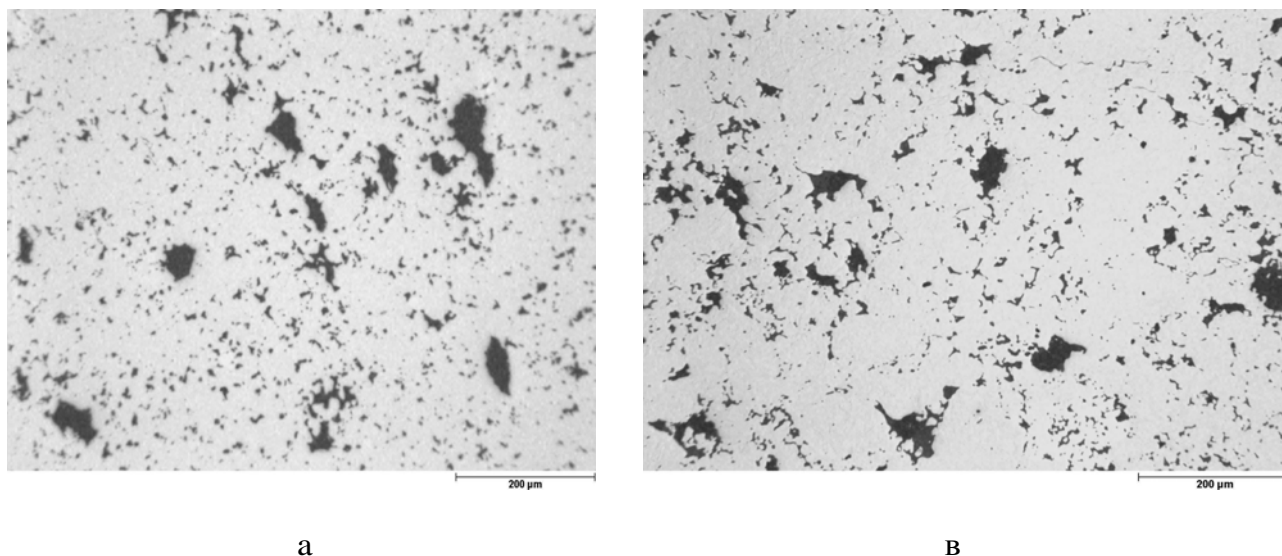
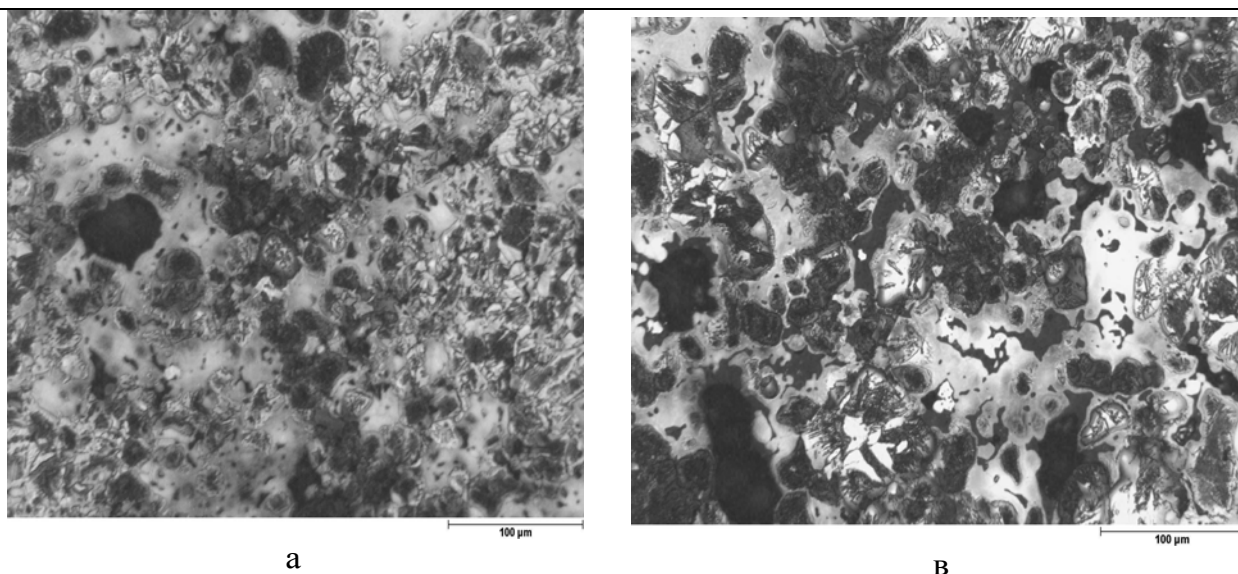


Рис.1.

Микроструктура спеченной порошковой стали Distaloy AE, а - с дисперсностью $<45\mu\text{m}$, в – с дисперсностью $>45\mu\text{m}$.

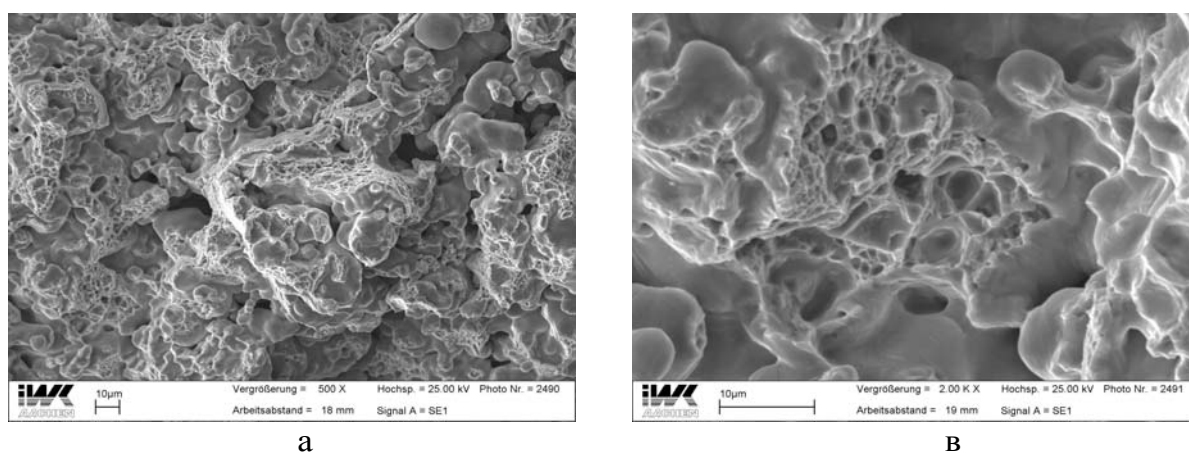
На Рис.2 показаны микроструктуры спеченных материалов Distaloy AE с дисперсностью $<45\mu\text{m}$ (Рис.2а) и с дисперсностью $>45\mu\text{m}$ (Рис.2в). Как видно из микроструктуры материал с дисперсностью $<45\mu\text{m}$ более гомогеннее, чем материал с дисперсностью $>45\mu\text{m}$. При этом содержание остаточного аустенита в материал с дисперсностью $<45\mu\text{m}$ - 10,2%, а в материале с дисперсностью $>45\mu\text{m}$ - приблизительно 24,4%.

Мы полагаем, что дисперсность частиц оказывает влияние на процесс диффузии и транспортировку материала с капиллярными силами во время спекания и может содействовать на гомогенность легирующих элементов спеченного материала, что вызывает уменьшение содержания остаточного аустенита.

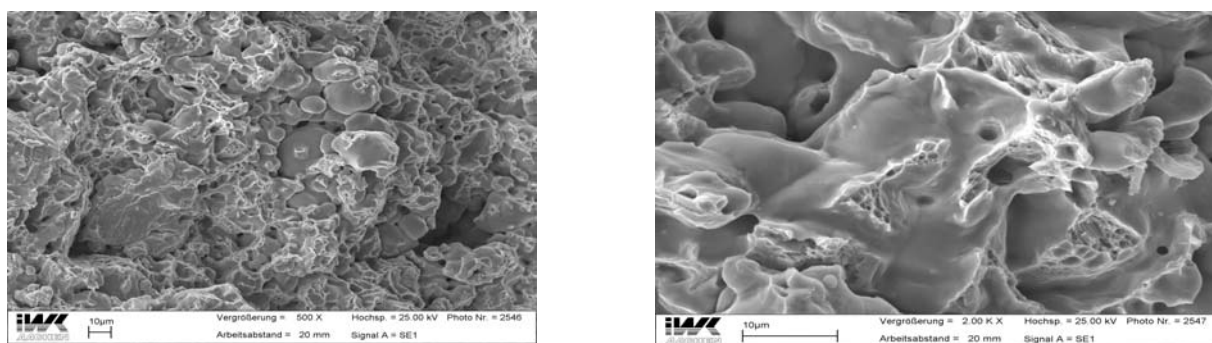
**Рис.2.**

Микроструктура спеченной порошковой стали Distaloy AE.
а - с дисперсностью $< 45 \mu\text{m}$, в – с дисперсностью $> 45 \mu\text{m}$.

На Рис.3-5 приведены фрактограммы образцов порошковых сталей Distaloy AE, Distaloy AE с дисперсностью $< 45 \mu\text{m}$ и Distaloy AE с дисперсностью $> 45 \mu\text{m}$, разрушенных в процессе испытания малоциклового нагружения.

**Рис.3.**

Фрактограммы изломов спеченной порошковой стали Distaloy AE.

**Рис.4.**

Фрактограммы изломов спеченной порошковой стали Distaloy AE с дисперсностью $< 45 \mu\text{m}$.

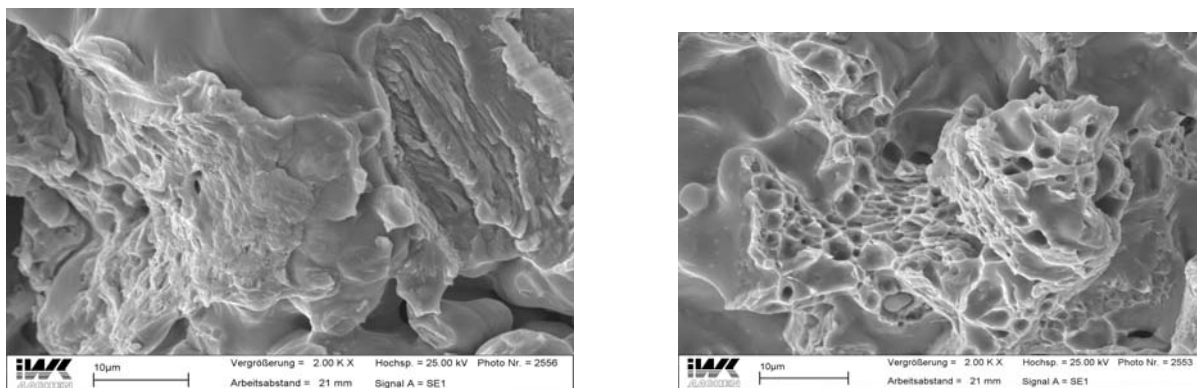


Рис.5.

Фрактограммы изломов спеченной порошковой стали Distaloy AE с дисперсностью $>45\mu\text{m}$.

В результате пластической деформации, предшествующей разрушению, пространственное строение пор изменяется, поэтому строение пор в материале лучше всего видно на поверхности излома, полученного в результате разрушения образцов. На поверхности разрушения сталей наряду с мелкими ямками присутствуют крупные ямки. Это свидетельствует о том, что разрушение спеченных сталей происходит путем роста имеющихся в структуре пор, а также образованием на дефектах новых пор. На фоне вязкого ямочного разрушения, как правило, видны вытянутые гребни и вершины, разрыв которых происходит после формирования ямок. Это связано с тем, что процесс присоединения пор к вершине трещины при разрушении является фактически своеобразной формой образования внутренней «шейки», когда материал между порами и вершиной трещины деформируется до тех пор, пока не теряет способность выдерживать нагрузку. Вязкий характер разрушения порошковых сталей и присутствие на фрактограммах значительного количества ямок показывают, что разрушение протекает путем раскрытия пор, имеющихся в структуре, и образования новых пор и на включениях и дефектах. На фрактограммах видны поры, которые приобрели вытянутую форму в процессе деформации образцов. В целом можно полагать, что характер излома вязкий, видно большое количество крупных и мелких ямок. В изломе присутствуют поры, раскрывшиеся в процессе распространения трещины, и ямки, указывающие на вязкий характер разрушения.

ВЫВОДЫ

Металлографические анализы показали, что в материале Distaloy AE с дисперсностью $<45\mu\text{m}$ наблюдаются, в основном, сферические поры, а в материале с дисперсностью $>45\mu\text{m}$ - нерегулярные поры. Проведенные исследования показали, что влияние пор не однозначно и зависит от количества, формы пор. Анализ изломов показал, что разрушение порошковых сталей имеет усталостный характер. Мы полагаем, что разрушение спеченных сталей происходит путем роста имеющихся в структуре пор, а также образованием на дефектах новых пор.

Установлено, что дисперсность частиц оказывает влияние на процесс диффузии и транспортировку материала капиллярными силами во время спекания и может способствовать гомогенности легирующих элементов спеченного материала, что вызывает уменьшение содержания остаточного аустенита.

1. Т. А. Гордева, И. П. Жегина, *Анализ изломов при оценке надежности материалов. М.: Машиностроения, (1978) 200.*
2. Ю. В. Мильман, *Порошковая металлургия, № 1(1991) 34.*
3. О. Н. Романов, *Вязкость разрушения конструкционных сталей. М.: Металлургия, (1979) 176.*
4. J. T.Baruby, D.C.Glosh, K.Dinsdale, *Powder Metallurgy, 16 № 31 (1973) 55.*
5. С. Н. Платонова и др., *Физико-химическая механика материалов, № 5 (1974) 20.*
6. P. Beiss, M.Dalgic, *Materials Chemistry and Physics, 67 (2001) 37.*
7. S.N.Namazov, G.Abdalla, M.Dalgic, H.W.Gudenau, P.Beiss, *11 International Technological Conference „New Techniques, Methods of Processing and Hardening of Details of the Power Installations“, Ukraine, Zaporozhye-Alushta, 23-28 сентября, (2002) 10.*

DISTALOY AE ƏSASLI OVUNTU POLADLARININ STRUKTUR TƏDGİGATLARI

S.N.NAMAZOV

Geniş yayılmış Distaloy AE ovuntu poladlarının metallografik və elektron-mikroskop tədqiqatları aparılmışdır. Sınma səthlərinin analizi aparılmış yerinə yetirilmiş və bu bişirilmiş materialların dağılma mexanizmi müəyyənləşdirilmişdir. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində belə nəticəyə gəlinmişdir ki, dağılma strukturda olan boşluqların böyüməsi ilə, həmçinin, qüsurlarda yeni boşluqların əmələ gəlməsi ilə baş verir.

STRUCTURAL RESEARCHES POWDER STEEL ON THE BASIS DISTALOY AE

S. N. NAMAZOV

Metallographical and electron-microscopic researches of widely power steel Distaloy AE were carried out. Analysis was carried out and the mechanism of destruction of these sintered materials was established. It was supposed, that destruction of these materials occurs due to growth of the pores in structure and the pores formation on defects.

Редактор:М.Алиев