

## Genesis of Destruction Steel Flange of Auto Concrete Pump

Tatyana MECHKAROVA, Nikolay VALCHEV

Technical University of Varna; Varna, Bulgaria,  
e-mails: [tatqna13@abv.bg](mailto:tatqna13@abv.bg), [armicronn@gmail.com](mailto:armicronn@gmail.com)

### Abstract

Macro and microstructural analysis of a dynamically destroyed structural part type flange “fifth wheel” of a autoconcrete pump.

**Keywords:** macro and microstructural analysis, fifth wheel

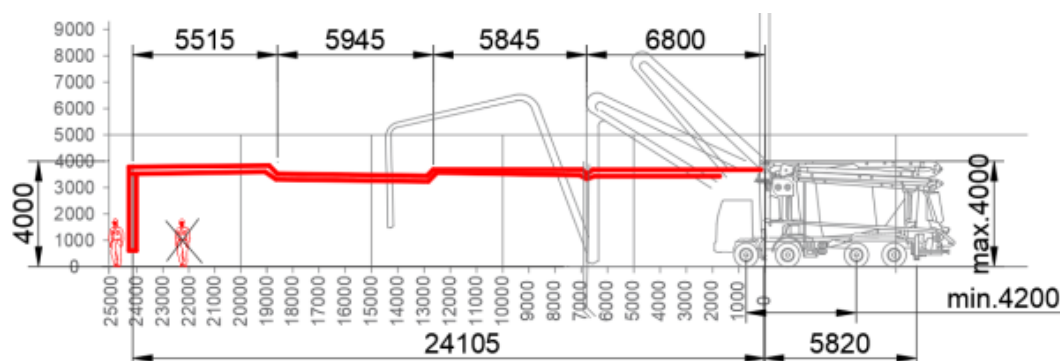
## Генезис на разрушаване на стоманен фланец на авто бетон помпа

Татяна МЕЧКАРОВА, Николай ВЪЛЧЕВ

### 1. Увод

Автобетон помпите са тежкотоварни камиони със допълнително монтирани специализирани на него агрегати (оборудване за превоз на бетон и система с помпа за разтоварване на бетона на отдалечено разстояние от него), както и стабилизатори за позициониране на специализирания автомобил при работа. Те са предвидени да функционират при тежки условия на работа придружени със опериране с голям товар и динамични (вибрационно ударни) натоварвания на открито.

Предназначението и начинът на действие на специализирания автомобил е следното: чрез миксера да превозва бетон от мястото на производството му до съответния обект, а чрез стрелата и изпомпващия механизъм да има възможност да разтовари превозвания бетон на отдалечено от него място, което според спецификациите на анализирания автомобил показан на фиг.1 може да бъде отдалечено най-много на 24,1м от машината в хоризонталната равнина на действие.



Фигура 1. Максимално разгънато положение на стрелата

Поради спецификата на работа на автобетон помпите се случва често да дефектират въртящите се части и разглобяемите съединения, които са най-натоварени по време на

експлоатация. Предвиждането и предотвратяване на тежки внезапни разрушения, често придружени с човешки жертви е от особено значение и важност. Това налага анализ на комплекс от геометрични, структурни и механични параметри, пряко влияещи на експлоатационната издръжливост на съоръженията.

## **2. Методика за анализ на механична якост и структура на динамично натоварени детайли тип „пето колело“ на автобетон помпа**

### **2.1. Обект на изследване.**

Обектът на изследване е стоманен възел (фиг.2), който извършва въртливо движение наречен „пето колело“ на автобетон помпа.



**Фигура 2. Местоположение на „петото колело“ на автобетон помпата**

Вследствие на продължителна работа около 10 години експлоатация и неупражнен регулярен технически преглед на стрелата на автобетон помпата (няма нормативни изисквания за това) се е формирала пукнатина, която причинява излизане от строя на техническото съоръжение. Това налага изследване и анализ на причините, довели до формирането и развитието на пукнатината.

### **2.2. Методика на изследването**

За извършване на анализа от горната част на вертикалната колона под фланеца, към който е закрепено подвижното пето колело на автобетон помпата, е изрязано пробно тяло в зоната на разрушаване (Фиг. 3). От свидетеля (Фиг. 4) са изрязани проби за провеждане на съответните изследвания, даващи конкретна картина за химичен състав, структура и механична якост (Фиг.5).

За извършване на химичния анализ пробата е предадена за анализ на лаборатория „BULCIM AD SLIVEN“. Проведен е троен контрол за определяне на химичния състав, от който се установи, че използваната стомана е S700MC (1.8974) EN 10149-2-1996.

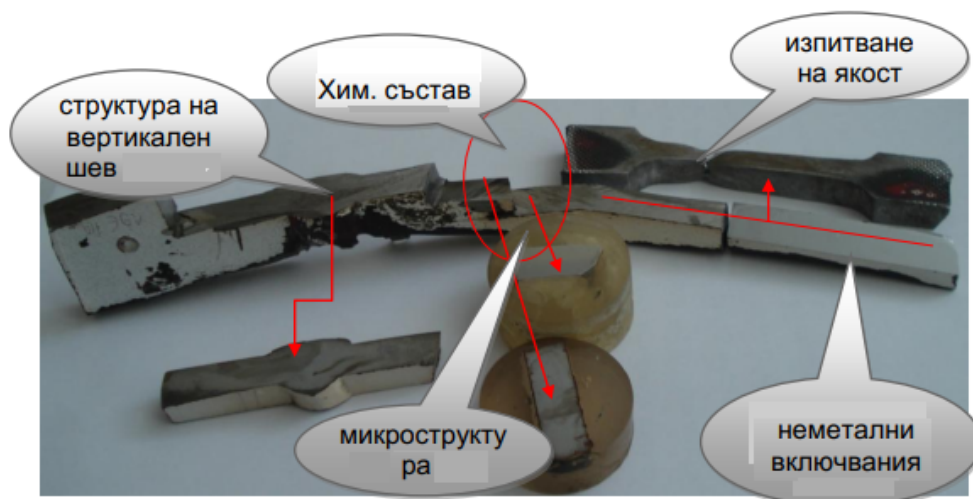
За да се опишат механичните характеристики на даден вид листов прокат е необходимо да се разглежда нечистотата на стоманата (оксиди, сулфиди и др. металургични несъвършенства в стоманата).



Фигура 3. Зона на изрязване на пробното тяло свидетел



Фигура 4. Пробното тяло свидетел



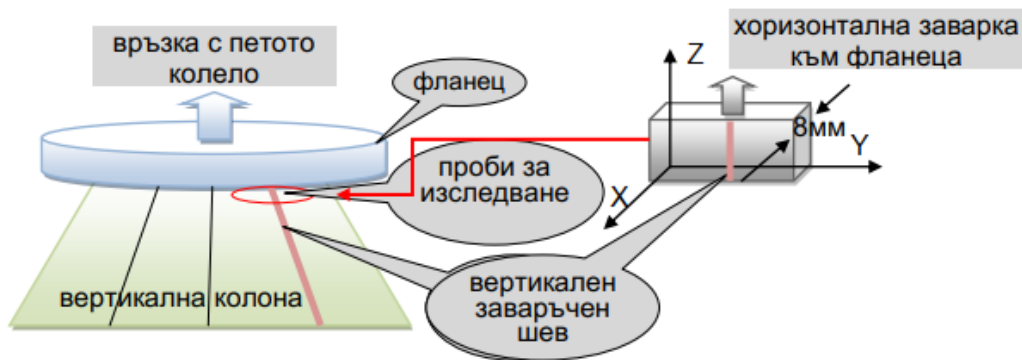
Фигура 5. Изрязани пробни тела

Проведен е микроструктурен анализ на обект от фигура 4 на металографски микроскоп “NEOFOT-2”. От микроструктурата на фигура 6 се виждат неметални включения, които имат както линейна така и точкова форма. На двете фигури микроструктурното заснемане е направено в отделни зони на обекта, посочен на фигура 4. Обекта на изследване се намира в непосредствена близост до уморния лом (зоната на разрушаване). Металургичните дефекти са непосредствени концентратори на зареждане и развитие на фокуса на уморна пукнатина.



Фигура 6. Микроструктура на неразядена проба – увеличение X 100

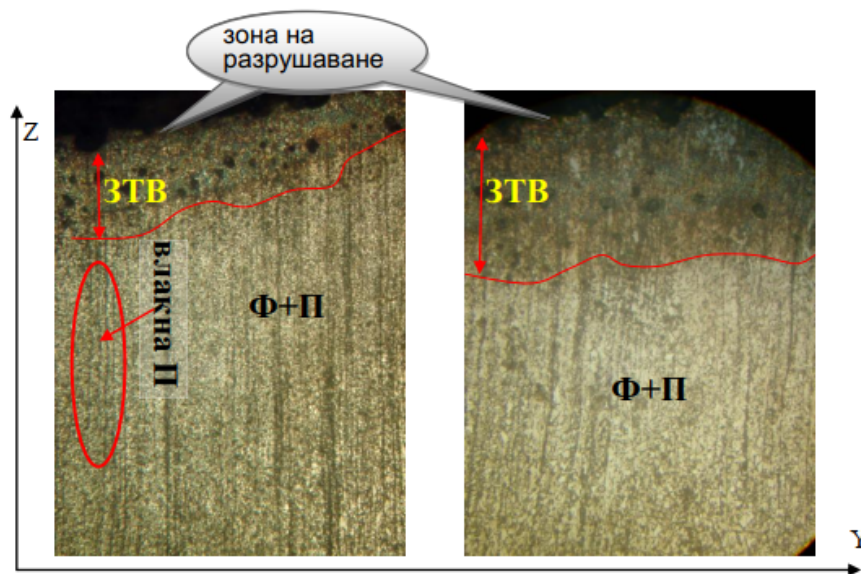
За уточняване на метода на получения прокат и структурни характеристики (фазов състав, вид на структурата, едрина, форма на зърната, текстура) е необходимо провеждане на микроструктурен анализ по методиката, показана на схемата на фиг.7.



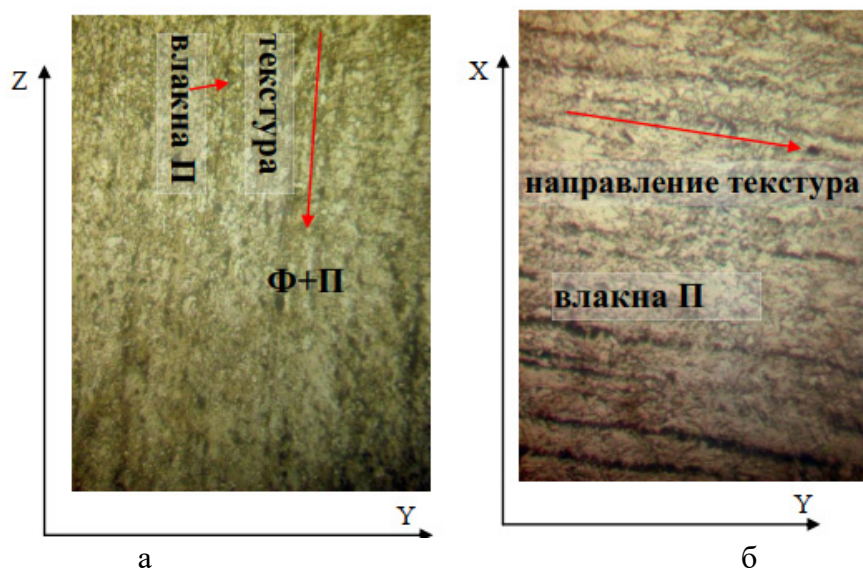
Фигура 7. Схема на разглеждания обект със зададени направления на проката

Направено е микроструктурно наблюдение в областта на зоната на разрушаване в направление към фланеца, заварен към вертикалната колона. От фигура 8 може да се отчете, че разрушаването е протекло в долния край на зоната на термично влияние. Това е извън зоната на удряване на зърната, вследствие прегряване на структурата. Структурата е ферито-перлитна, с ясно изразена текстура в направление Z (фиг. 8/а,б), по схема на фиг.7. На фигурата могат да се отчетат влакна от перлитни колонии. Подобна структура може да се отчете и в долното направление на проката по оста Z, където се приема, че не може да има влияние от зоната на заваряване (фиг.9/а). В напречно направление на проката, по оста Y, също се наблюдава текстура на перлитните колонии. Феритът е с несиметрична форма, което е характерно за тази равнина на валцования листов прокат.

От разглежданите структури можем да приемем, че листовата стомана е студено валцована.



Фигура 8. Микроструктура на проката в зоната на разрушаване (направление относно фиг.6.), а) увеличение X63, б) увеличение X100

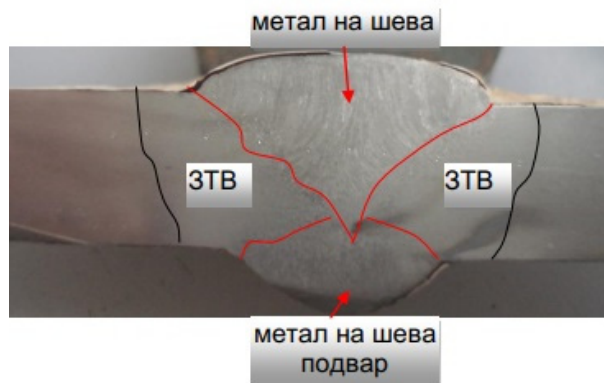


Фигура 9. Микроструктура на проката (основен материал) в близост до зоната на разрушаване в различни направления (фиг.7): а) увеличение X250, б) увеличение X500

При визуалния оглед на разрушения детайл се вижда, че получената уморна пукнатина е в близост до вертикалния шев без да го засегне (фиг. 3). Заварката е челна, като дебелината на листовия прокат е 8mm.

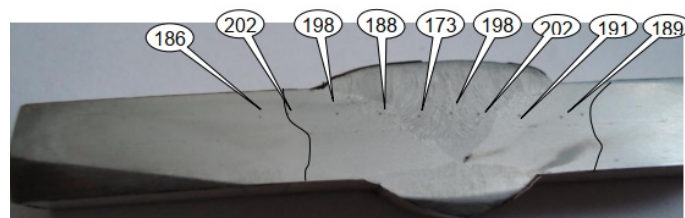
Заваръчният шев е направен на един слой (фиг. 10), съобразно дебелината на материала, вероятно е проведено подфлюсово заваряване. Проведен е подвар към корена на заварката. Зоната на термично влияние е сравнително тясна, дължащо се на сравнително мощен заваръчен източник и висока скорост на заваряване.

От справочните данни е установено, че използваната марка стомана се характеризира с добра заваряемост.



Фигура 10. Макроструктура на заваръчния шев във вертикалното направление от фиг.7

Това е видно и от проведеното измерване на твърдостта в отделните зони на заваръчния шев (фиг.11). Не са отчетени пикови стойности, а са близки до измерената твърдост на основния материал 196HV. Това е основание да приемем че металът на шева и зоните на термично влияние (ЗТВ) отговарят на номиналните стойности.



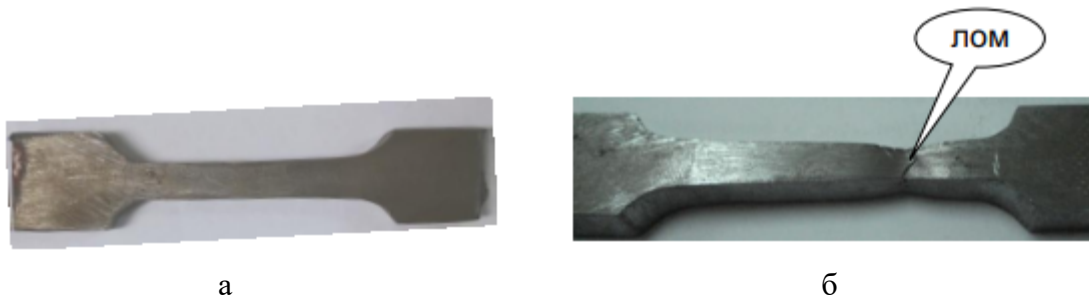
Фигура 11. Определяне на макротвърдост (HV5) по направление на шева

За целите на анализа са извършени и механични изпитания. Механичните свойства които са изследвани са: изпитване на якост, пластичност и сравнение със стойности от стандарта за конкретната стомана.

Данни уморната якост за конкретната стомана от литературни източници са представени на фиг. 12.

Mechanical properties of steel S700MC (1.8974)	
Rm - Tensile strength (MPa)	750-950
ReH - Minimum yield strength (MPa)	700
Nominal thickness (mm):	to 3
A - Min. elongation Lo = 80 mm (%)	10
Nominal thickness (mm):	from 3
A - Min. elongation Lo = 5,65 √ So (%)	12

Фигура 12. Таблични стойности за механичните характеристики на изследваната стомана S700MC



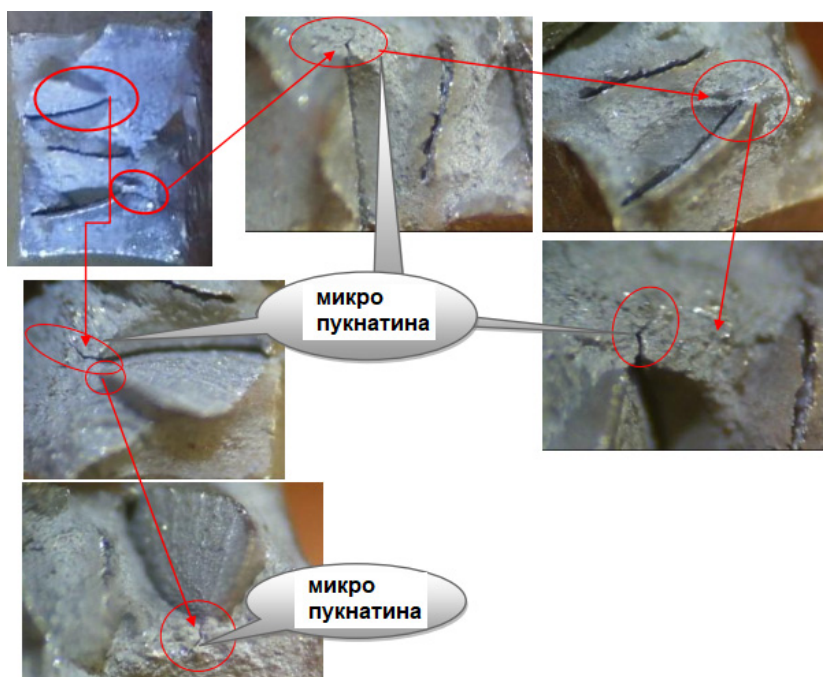
**Фигура 13. Пробно тяло за изпитване на опън:**  
 а) преди провеждане на изпитанието, б) след провеждане на изпитанието

**Таблица 1. Изследвани механични параметри**

Lo	Lu	a0	b0	S	S <sub>1</sub>	a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	F <sub>0.2</sub>	R <sub>0.2</sub>	F <sub>m</sub>	R <sub>m</sub>	ΔL	Z	A
mm	mm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	mm	mm	N	MPa	N	MPa	mm	%	%
30	37	8	6	48	22	5,1	4,4	34896	727	38250	797	7,2	54	24

От проведеното изпитание на пробата, сравнявайки резултатите за установената стомана по химичен състав, можем да приемем, че всички основни стойности са над номиналните, по отношение на якостните характеристики ( R<sub>m</sub>, M<sub>pa</sub> и A%). По отношение на горния пик на границата на провлачване ReH, R<sub>m</sub> R<sub>0.2</sub> стойността на провлачване е по-висока, това се отнася и за якостта на материала R<sub>m</sub>, поради факта, че структурата е с изразена текстура (студено валцована стомана). Този факт се отразява и на границата на провлачване (получена е условна граница R<sub>0.2</sub>). Пластичността е значително над заложената в изискванията (>A=24%).

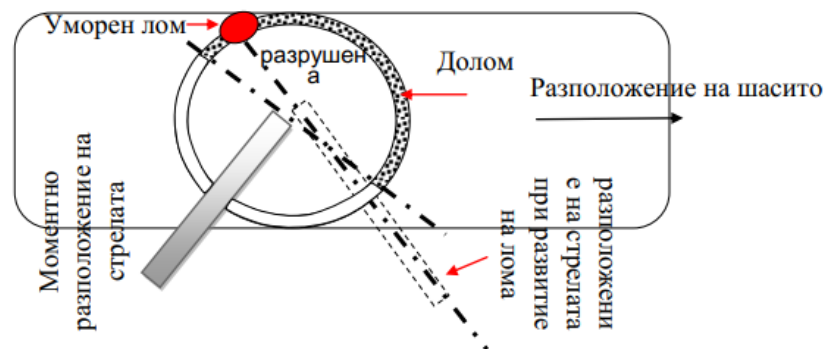
Интересен е фактът, свързан с проведенния фрактографски макроанализ на лома на пробата в зоната на разрушване, след проведеното изпитване на опън (фиг.14).



**Фигура 14. Фракто изследване на лом след изпитване на опън**

При макро наблюдение на фрактозоната на лома след разрушаване при изпитване на опън се забелязва формиране на пукнатини в разрушената област. Пукнатините в конкретния случай са признак за разслояване на материала. Това са огнища за зараждане фокуса при уморни ломове. Тези зони е възможно да се дължат на области на замърсяване на стоманата или области с текстурирани перлитни колонии.

От проведения оглед на място се установи, че в зоната на разрушаване под фланеца се наблюдава характерна фрактографска област от лом и долом. Ломът е следствие протекла циклична умора. По технически данни в режим на работа системата по транспортиране на бетона е подложена на циклично натоварване.



**Фигура 15** Разположение на уморната пукнатина относно стрелата

От схемата на фигура 15 е видно, че уморната пукнатина се е зародила при работа на стрелата, разположена противоположно през оста на въртене на петото колело. В конкретния случай от предварително развитата пукнатина с формиран концентратор по посока максимални напрежения (в случая е достатъчно и статични напрежения да предизвикат моментно разкъсване от края на формираната пукнатина, явяваща се концентратор). Пукнатината се е развила и е настъпило моментно разрушаване с образуване на долом.

На фигура 16 е представен изрязан свидетел в зоната на разрушаване. Наблюдаваната повърхнина е с фрактографско значение (повърхнината на разрушаване). От фигурата е видно, че основната площ на уморния лом е разположена в областта на огъване. Безспорна е вероятността цикличните напрежения в тази област да са най-големи. Максималното циклично натоварване се определя и от посоката на стрелата, относно шасито на камиона.

От фигура 16 става ясно, че уморната пукнатина се заражда и развива от върха на огъване на вертикалната колона. Това се явява слаба зона във връзката между колоната и фланеца под петото колело.

В близост до заварка на вертикалната колона, както и в областта на заварката се наблюдава моментно разрушаване, следствие достигане на пределни напрежения в края на уморната пукнатина. Получения долом около заваръчния шев и самия шев доказва, че зоната около заварката не е предизвикала разрушаването на стрелата (фиг. 16). От проведения оглед на място в областта на разрушаване се наблюдават допълнителни зони на уморен лом.



Фигура 16 Посока и площ на развитие на уморния лом

### 3. Изводи

По отношение химичния състав на стоманата от свидетеля, се установи точния химичен състав и определена марката на използваната стомана S700MC (1.8974) EN 10149-2-1996. Стоманата е приложима в тежко натоварени конструкции и е с добра заваряемост.

Относно втората част от изследването – относно свойствата на стоманата, са проведени изследвания на изрязания свидетел. Определено е наличието на неметални включвания. Определена е текстурата на метала, което е признак за студено валцована стомана. Текстурата оказва влияние върху механичните характеристики, затова изпитване на опън не се получи граница на провлачване ( $R_{eH}$ ), а условна граница ( $R_{0.2}$ ). Това предизвика повишаване на якостните свойства, но може да повлияе неблагоприятно върху уморната якост, особено в зоната на огъване. Наблюдението на микропукнатини в лома при изпитване на якост (опън) е признак за неплътност на метала, дължаща се на редица фактори (немтални включвания, особено линейни, линейно групирани на перлитни колонии, допълнителен наклеп в зоната на огъване).

### Литература

1. Миховски М., Методи за безразрушителен контрол, изд. Техника – 1988