



DOI 10.22363/2312-8143-2019-20-4-308-315

УДК 621.97.06

Научная статья

## Определение допустимых параметров дефектов в базовых деталях кузнечно-прессовых машин

А.В. Корнилова

Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

Чжо Зяяр

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,  
Российская Федерация, 127055, Москва, Вадковский пер., 1

### История статьи:

Поступила в редакцию: 31 октября 2019

Доработана: 25 ноября 2019

Принята к публикации: 29 ноября 2019

### Ключевые слова:

кузнечно-прессовое оборудование, кривошипный пресс, эллиптическая трещина, допустимый параметр дефекта, пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений

В Советском Союзе была создана уникальная в мировом масштабе отрасль по серийному производству кузнечно-прессового оборудования. В настоящее время даже отслужившие свой проектный ресурс машины находятся в рабочем или в ремонтнопригодном состоянии. Это привело к тому, что сейчас существует большой рынок вторичной продажи таких машин, в том числе в страны Юго-Восточной Азии и в Индию. Однако при вторичной продаже подобного оборудования в базовых деталях накапливается некая неизбежная повреждаемость. Кроме того, первые экземпляры моделей, выставленные на вторичную продажу, выпускались в период, когда методы неразрушающего контроля были не развиты. Часть дефектов могла оказаться необнаруженной. При покупке машины производят демонтаж, транспортировку, монтаж и испытания. Зафиксированы случаи, когда при монтаже и испытаниях в базовых деталях страгивались дефекты, что затрудняло или делало невозможным использование оборудования. Иногда на оборудовании такого типа (при модернизации) пытаются произвести технологические операции, требующие большей силы, чем ранее декларируемые. По этой причине при покупке/продаже (или модернизации) необходимо составлять карты допустимых дефектов, которые при наложении на карты обнаруженных дефектов позволят отбраковать/определить остаточный ресурс/ограничить технологическую силу кривошипной машины таким образом, чтобы дефекты при дальнейшей эксплуатации не стронулись и не привели к аварийной ситуации. Методика определения допустимых параметров подповерхностных эллиптических трещин показана на примере станины пресса КД2130 Барнаульского завода механических прессов.

### Введение

Объектом исследования является пресс КД2130 (однокривошипный простого действия открытый

ненаклоняемый) силой 100 т (1 МН), предназначенный для вырубки, гибки, неглубокой вытяжки и других холодно-штамповочных работ. Такие прессы производят ПАО «Кувандыкский завод кузнечно-прессового оборудования “Долина”», Орский станкостроительный завод, Воронежский завод КПО имени М.И. Калинина. Первым начал выпускать эти прессы (базовая модель КД2130) Барнаульский завод механических прессов, сейчас он перешел на две модификации кривошипных листоштамповочных прессов силой 1 МН –

Корнилова Анна Владимировна, профессор департамента строительства Инженерной академии РУДН, доктор технических наук; Kornilova\_av@rudn.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5569-9320>, eLIBRARY SPIN-код: 6569-6240, Author ID: 351426, Researcher ID: U-3353-2017, Scopus Author ID: 7004499009.  
Чжо Зяяр, аспирант кафедры композиционных материалов МГТУ «СТАНКИН»; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0131-1399>, Scopus Author ID: 56416430100.

© Корнилова А.В., Чжо Зяяр, 2019

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

серия К (пресс К2130В) и серия КЕ (пресс КЕ1430) с подвижным столом. Базовая модификация КД2130 была выбрана для исследования, потому что она выпускается уже более 35 лет (рис. 1). Производителями продано более 1000 экземпляров. Она активно продается (в том числе на рынке вторичной продажи оборудования) в страны Юго-Восточной Азии (включая Мьянму) и в Индию. Вопросами долговечности металлургического оборудования (среди которого оборудование для обработки металлов давлением) занимался отдел прочности ВНИИметмаш [1; 2].

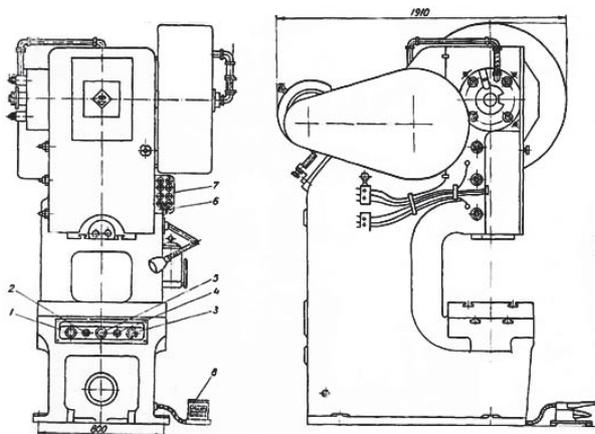


Рис. 1. Внешний вид пресса КД2130 (сборка)  
[Figure 1. Appearance of the press KD2130 (assembly)]

### 1. Результаты моделирования напряженно-деформированного состояния станины пресса КД2130

Различным факторам, влияющим на долговечность кузнечно-прессового оборудования, посвящены работы [3–5], анализ которых позволил выявить, что превалирующим фактором является уровень напряжений, возникающих в деталях машины при приложении технологической нагрузки. Поэтому первым этапом анализа будет определение напряженно-деформированного состояния станины исследуемого пресса. Принятые в расчете механические характеристики – модуль упругости первого рода чугуна СЧ25  $1,4 \cdot 10^5$  МПа, коэффициент Пуассона 0,23, удельный вес  $7,85 \cdot 10^{-5}$  Н/мм<sup>3</sup>. Технологическая сила прикладывалась на те элементы подштамповой плиты, которые находятся под нижней плитой штампового блока для типовой технологической операции (вырубка с максимальной силой, равной номинальной силе пресса). Симметричность конструкции

позволяла проводить расчет лишь ее половины. В качестве одной из подконструкций модели был взят вал, на который прикладывалась сила, противоположная силе технологической операции. Также были приложены ограничения на узлы, находящиеся в месте прохождения анкерных болтов. Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Результаты расчета напряженно-деформированного состояния станы пресса силой 1 МН (базовая модель) в программном комплексе BASYS

[Table 1. Results of calculating the stress-strain state of a press mill with a force of 1 MN (basic model) in the BASYS software package]

Определяемая величина [Determined value]	Максимальное значение [Maximum value]	Минимальное значение [Minimum value]
Перемещение по оси X, мм [X axis movement, mm]	0,2	0,01
Перемещение по оси Y, мм [Y axis movement, mm]	0,4	0,02
Перемещение по оси Z, мм [Z axis movement, mm]	0,3	0,1
Напряжение по оси X, МПа [X axis stress, MPa]	28,2	10,3
Напряжение по оси Y, МПа [Y axis stress, MPa]	44,4	24,8
Напряжение по оси Z, МПа [Z axis stress, MPa]	33,7	25,4
Первое главное напряжение, МПа [First major stress, MPa]	57,4	7,3
Второе главное напряжение, МПа [Second main stress, MPa]	26,5	4,5
Третье главное напряжение, МПа [Third main stress, MPa]	16,9	3,1
Эквивалентные напряжения, МПа [Equivalent stress, MPa]	51,0	0,03

### 2. Проверка адекватности расчетных значений реальному напряженно-деформированному состоянию станины пресса КД2130

Адекватность расчетных результатов реальному напряженно-деформированному состоянию станины была проверена путем сравнения собственных расчетных данных, эксперимента из работы [2] и расчета из [6], проведенного в другом расчетном комплексе (SolidWorks). В работе [2] описан эксперимент по определению напряжений (по вертикальной оси) в станине пресса КД2130 (базовая модель Барнаульского завода механических прессов, выпуска 1985 года) с помощью тензодатчиков. Схема наклейки тензодатчиков показана на рис. 2.

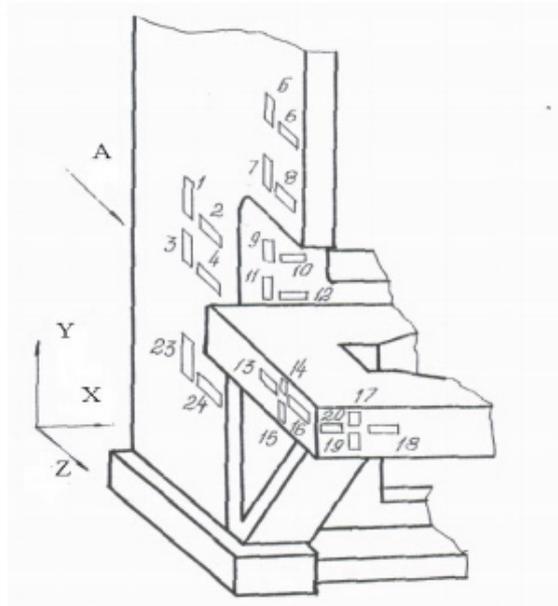


Рис. 2. Схема наклейки тензодатчиков [2]  
[Figure 2. Load cell sticker diagram [2]]

В табл. 2 сведены экспериментальные величины из [2], полученные расчетом в [3] и вновь полученные данные.

Таблица 2

Сравнение расчетных и экспериментальных данных  
[Table 2. Comparison of calculated and experimental data]

Номера датчиков (рабочий – компенсационный) [Numbers of sensors (working-compensation)]	Эксперимент [2] [Experiment [2]]	Расчет [6] [Calculation [6]]	Новые данные [New data]
1–2	4,0	2,9	3,9
3–4	0,0	3,0	1,0
5–6	4,0	4,2	3,2
7–8	4,0	4,3	4,1
9–10	50,0	33,0	45,0
11–12	44,0	40,4	40,4
13–14	0,0	0,7	0,2
15–16	4,0	3,9	3,2
17–18	0,0	1,1	0,6
19–20	4,0	3,6	3,8
21–22	8,0	9,5	9,9
23–24	12,0	11,0	10,6

Средняя абсолютная погрешность с экспериментом 1,31 МПа, с расчетом [6] в программе SolidWorks 1,57 МПа, что позволяет признать полученные в данные адекватными реальному напряженно-деформированному состоянию станины и использовать методы механики разрушения. Применению механики разрушения к различным видам оборудования посвящены работы [7–9].

### 3. Определение допустимых параметров подповерхностных эллиптических трещин

Схема подповерхностной эллиптической трещины показана на рис. 3. Коэффициент интенсивности напряжений, согласно [10]:

$$K_I = \frac{1,79 - 0,66 \frac{l}{c}}{\left[1 - F \left(\frac{l}{b}\right)^{1,8}\right]^{0,54}} \sigma^* \sqrt{l}. \quad (1)$$

В точке А:

$$F = 1 - 0,4 \frac{l}{c} - \left(0,5 - \frac{b}{t}\right)^2;$$

$$\sigma^* = \frac{1}{2}(\sigma_A + \sigma_B) + \frac{1}{30} \frac{1}{c} (4\sigma_A - 3\sigma_B - \sigma_D).$$

В точке D:

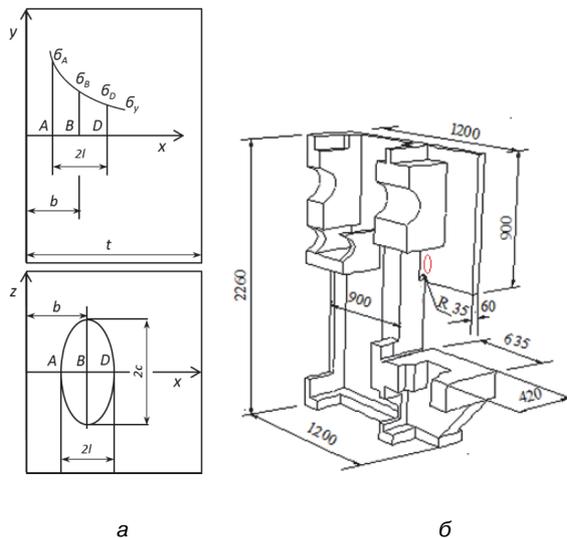
$$F = 1 - 0,4 \frac{l}{c} - 0,8 \left(0,5 - \frac{b}{t}\right)^{0,4};$$

$$\sigma^* = \frac{1}{2}(\sigma_D + \sigma_B) + \frac{1}{30} \frac{l}{c} (4\sigma_D - 3\sigma_B - \sigma_A).$$

Выражение (1) справедливо только при выполнении условия  $l \leq 0,9b$  и  $l \leq 0,5t$ . Для выявления допустимых параметров эллиптических трещин был использован симплекс-метод, реализованный в оптимизационной надстройке Solver Microsoft Excel. Принималось, что допустимыми параметрами будет обладать дефект, у которого при приложении номинальной силы значение коэффициента интенсивности напряжений вблизи вершины дефекта будет меньше или равно  $K_{th}$  (порогового значения) – условие не страгивания дефекта, которое для коэффициента асимметрии цикла 0 (пульсирующий цикл) определяется, согласно [4], следующим образом:

$$K_{th} = 12,7 - 6 \cdot 10^{-3} \cdot \sigma_{0,2}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{0,2}$  – условный предел текучести материала, МПа.



**Рис. 3.** Схема подповерхностной эллиптической трещины: а – эллиптическая трещина; б – схема расположения виртуального дефекта в одной из ранжированных зон исследуемой станины (увеличено, проекция на поверхность) [Figure 3. Diagram of a subsurface elliptical crack: а – elliptic crack; б – virtual defect location scheme in one of the ranked areas of the bed under study (enlarged, projection onto the surface)]

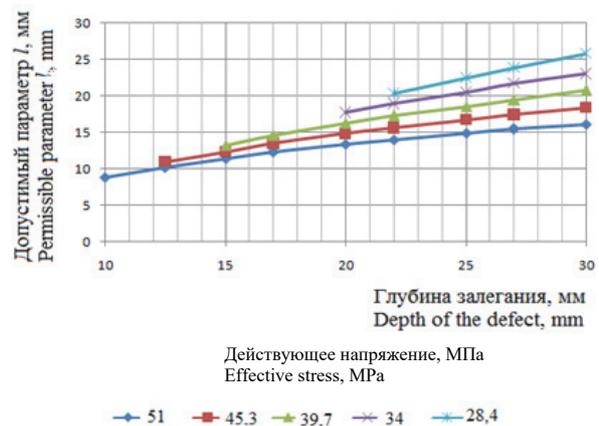
В задаче варьировалось два входных параметра – глубина залегания ( $b$ ) и ранг зоны по опасности разрушения в бездефектном состоянии. Принималось, что  $c = 2l$  (по статистическим данным отдела неразрушающего контроля ЗАО «Прочность»), условный предел текучести серого чугуна СЧ35 (ГОСТ 1412-85) 262 МПа [11]. Следовательно, пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений, по (2), составляет 11,13 МПа $\sqrt{м}$ . В табл. 3 приведены полученные симплекс-методом значения допустимых параметров ( $l$ , мм) эллиптических подповерхностных трещин в зависимости от глубины залегания и уровня действующих напряжений (ранга опасности разрушения). В табл. 3  $\sigma$  – эквивалентные напряжения, полученные методом конечных элементов. Кроме того, принималось, что в (1)  $\sigma_A = \sigma_B = \sigma_D$ .

В табл. 3 цветом отмечены ячейки, которые не обеспечивают выполнения условия  $l \leq 0,9b$  и  $l \leq 0,5t$ . Эти дефекты следует рассматривать как поверхностные. На рис. 4, 5 и 6 показаны зависимость допустимых параметров трещин от глубины залегания, величины допустимых параметров дефектов от уровня напряжений в бездефектном состоянии и поверхность допустимых параметров эллиптических дефектов от напряжений и глубины залегания соответственно.

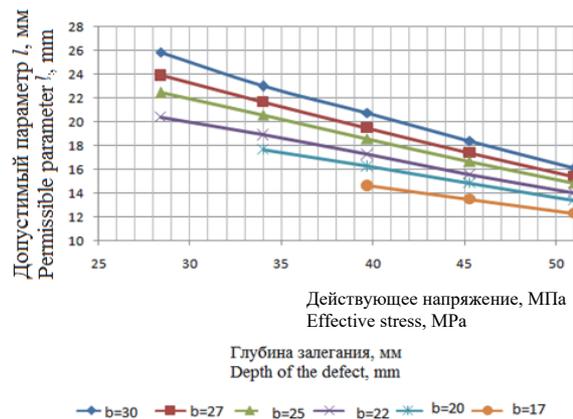
Таблица 3

**Зависимость допустимых параметров дефектов от глубины залегания и уровня действующих напряжений [Table 3. Dependence of permissible defect parameters on the occurrence depth and the level of acting stresses]**

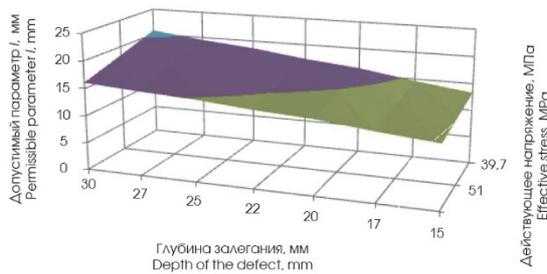
$\sigma$ , МПа [MPa]	Глубина залегания дефекта, мм [Depth of the defect, mm]										
	30	27	25	22	20	17	15	12,5	10	5	3
51,0	16,10	15,41	14,86	14,00	13,41	12,30	11,39	10,23	8,88		
45,3	18,40	17,42	16,69	15,60	14,82	13,48	12,35	10,97			
39,7	20,75	19,50	18,59	17,25	16,25	14,63	13,28				
34,0	23,00	21,70	20,56	18,90	17,69						
28,4	25,86	23,89	22,46	20,40							



**Рис. 4.** Зависимость допустимых параметров от глубины залегания, полученная симплекс-методом [Figure 4. The dependence of permissible parameters on the level of stresses, obtained by the simplex method]



**Рис. 5.** Зависимость допустимых параметров дефектов от уровня действующих напряжений, полученная симплекс-методом [Figure 5. Dependence of permissible defect parameters on the level of acting stresses obtained by the simplex method]



**Рис. 6.** Поверхность допустимых параметров эллиптических дефектов  
 [Figure 6. The surface of the permissible parameters of elliptical defects]

#### 4. Построение математической модели, основанной на зависимости между глубиной залегания, уровнем опасности разрушения и допустимыми параметрами дефекта

Методом Брандона [12] была построена математическая модель вида

$$l = (-20,4 \cdot \ln(\sigma) + 88,98) \cdot (0,009 \cdot \ln(b) + 0,968), \quad (4)$$

где  $l$  – допустимые по условию не страгивания параметры дефекта (трещины);  $\sigma$  – номинальное

напряжение в месте формирования дефекта, МПа;  $b$  – глубина залегания дефекта, мм.

Модель (4) справедлива для  $28,4 \leq \sigma \leq 51,0$  (МПа),  $10 \leq b \leq 30$  (мм). Адекватность расчетной модели данным, полученным симплекс-методом, оценивалась критериями, представленными в табл. 4.

#### 5. Обсуждение полученных результатов

Анализ полученной модели позволяет сделать следующие выводы: на допустимые по критерию не страгивания параметры дефекта большее влияние оказывает номинальное напряжение (ранг опасности разрушения в бездефектном состоянии), чем глубина его залегания. Коэффициент эластичности, показывающий, на сколько процентов изменятся допустимые параметры дефектов при изменении напряжений на 1 %, составил  $-1,59$ . Знак минуса говорит о том, что при увеличении напряжений допустимые параметры уменьшаются. Аналогичный параметр для глубины залегания  $+0,01$ . Знак плюса говорит о том, что при увеличении глубины залегания допустимые параметры дефекта растут. Такие подходы актуальны не только при исследовании кузнечно-прессового оборудования, но могут быть применимы в других областях [15].

Таблица 4

**Критерии оценки адекватности разработанной модели**  
 [Table 4. Criteria for assessing the adequacy of the developed model]

Обозначение [Designation]	Формула [Formula] [13; 14]	Значение [Value]	
Средняя относительная ошибка [Relative error]	$S_1 = \frac{1}{n} \sum \left  \frac{l_i - \tilde{l}_i}{l_i} \right $	0,22	
Средняя квадратичная ошибка [Root mean square error]	$S_3 = \frac{1}{n} \sqrt{\sum \left  \frac{l_i - \tilde{l}_i}{l_i} \right ^2}$	0,04	
Коэффициент Тейла [Theil coefficient]	$T = \frac{\left[ \sum (l_i - \tilde{l}_i)^2 \right]^{0,5}}{\left[ \sum l_i^2 \right]^{0,5} + \left[ \sum \tilde{l}_i^2 \right]^{0,5}}$	0,14	
Коэффициент эластичности [Coefficient of elasticity]	$\frac{\partial l}{\partial \sigma} = \bar{\epsilon}$	$\bar{\epsilon}\sigma$	-1,59
	$\frac{\partial l}{\partial b} = \bar{\epsilon}_b$	$\bar{\epsilon}_b b$	0,01

Примечание:  $l$  – допустимый параметр, полученный симплекс-методом по модели (4);  $n$  – количество «наблюдений», по которым строилась модель ( $n = 33$ ).

#### Заключение

В настоящее время в связи с расширением рынка вторичной продажи кузнечно-прессового

оборудования и курсом на модернизацию (с сохранением базовых крупногабаритных деталей такого оборудования) в нашей стране возникла

необходимость построения карт допустимой дефектности. Эти карты при наложении на карты дефектности, обнаруженной методами неразрушающего контроля, позволят заранее определять нагрузочную способность оборудования, избегать аварийных ситуаций и юридических проблем при вторичной покупке.

Методика построения карт допустимой дефектности, продемонстрированная в данной статье на примере эллиптических трещин в станине прессы КД2130, предполагает следующие этапы: конечно-элементный расчет базовых деталей с учетом отклонений от предоставляемых фирмой – продавцом чертежей; верификация расчета экспериментом; определение допустимых параметров дефектов по критериям механики разрушения в зависимости от уровня действующих напряжений и их глубин залегания.

Для рассмотренных в статье эллиптических дефектов выявлено, что уровень напряжения больше влияет на величину допустимых параметров дефекта, чем глубина залегания, что необходимо учитывать при обследовании методами неразрушающего контроля.

#### Список литературы

1. Сивак Б.А., Корнилова А.В. Определение общей долговечности и остаточного ресурса деталей металлургических машин // Тяжелое машиностроение. 2005. № 3. С. 9–11.
2. Корнилова А.В. Разработка методов обеспечения долговечности силовых деталей кузнечно-прессовых машин и инструмента: дис. ... д. т. н. М.: МГТУ «СТАНКИН», 2009. 347 с.
3. Zdenek C. Effect of heat load on a forging press // Procedia Engineering. 2014. Vol. 69. Pp. 897–901.
4. Zdenek C., Karel R. Effect of heat load on a mechanical forging press // Annals of DAAAM & Proceedings. 2016. Vol. 27. Pp. 344–348.
5. Zdenek C., Karel R., Tomas K. Thermal analysis of the forging press LZK 4000 // Annals of DAAAM & Proceedings. 2018. Vol. 29. Pp. 740–745.
6. Paing Thet, Zaya Kyaw, Kornilova A.V. Creation of a design methodology for crank punching machines of

specified durability // IOP Conference Series. Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 675. 012042.

7. Makhutov N.A. Generalized regularities of deformation and fracture processes // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. Vol. 87. No. 3. Pp. 217–228.

8. Makhutov N.A., Reznikov D.O. Application of scenario analysis in the assessment of structural reliability of complex technical systems // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2015. Vol. 44. No. 8. Pp. 675–686.

9. Burdukovsky V.G., Kolmogorov V.L., Migahev B.A. Prediction of resources of materials of machine and construction elements in the process of manufacture and exploitation // Journal of Materials Processing Technology. 1995. Vol. 55. Pp. 292–295.

10. Овчинников А.В. Приближенная формула определения коэффициентов интенсивности напряжений  $K_I$  для тел с поверхностными трещинами // Проблемы прочности. 1986. № 11. С. 44–47.

11. Драгунов Ю.Г., Зубченко А.С., Каширский Ю.В., Дегтярев А.Ф., Жаров В.В., Колосков М.М., Орлов А.С., Скоробогатых В.Н. Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. Ю.Г. Драгунова, А.С. Зубченко. М., 2014. 1216 с.

12. Brandon D.B. Developing mathematical models for computer control // Instrument Society of America (ISA) Journal. 1959. Vol. 6. P. 7.

13. Дугерти К. Введение в эконометрику: учебник. 3-е изд. М.: ИНФРА-М, 2009. 465 с.

14. Тейл Г. Экономические прогнозы и принятие решений. М.: Статистика, 1977. 282 с.

15. Малькова М.Ю., Задиранов А.Н. Применение универсального ультразвукового реактора для переработки концентратов руд редкоземельных металлов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т. 20. № 1. С. 20–27.

#### Для цитирования

Корнилова А.В., Чжо Зяяр. Определение допустимых параметров дефектов в базовых деталях кузнечно-прессовых машин // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2019. Т. 20. № 4. С. 308–315. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2019-20-4-308-315>

## Definition of acceptable parameters of defects in basic details of forging and press machines

Anna V. Kornilova

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation

Kyaw Zaya

Moscow State University of Technology "STANKIN", 1 Vadkovskiy Lane, Moscow, 127055, Russian Federation

### Article history:

Received: October 31, 2019

Revised: November 25, 2019

Accepted: November 29, 2019

### Keywords:

forging equipment, crank press, elliptical crack, allowable defect parameter, threshold value of stress intensity factor

In the Soviet Union, a unique worldwide industry was created for the serial production of forging equipment. Currently, even these machines that have served their design life are in working or maintainable condition. This has led to the fact that there is now a large market for the secondary sale of such machines, including in the countries of Southeast Asia and India. However, with the secondary sale of such equipment, some inevitable damage builds up in the basic parts. In addition, the first copies of such models, put up for secondary sale, were produced at a time when non-destructive testing methods were not developed. Some defects could be undetected. When buying a machine dismantle, transport, install and test. Cases were recorded when defects were strained during installation and testing in the base parts, which made it difficult or impossible to use such equipment. Sometimes this type of equipment (during modernization) is used to carry out technological operations that require more power than previously declared. Therefore, when buying/selling (or upgrading), it is necessary to draw up cards of permissible defects, which, when superimposed on the cards of the detected defects, will allow to reject/determine the remaining life/limit the technological strength of the crank machine so that defects during further operation are not affected and do not lead to emergency situation. The methodology for determining the permissible parameters of subsurface elliptical cracks is shown on the example of a press bed KD2130 (BZMP).

### References

1. Sivak BA, Kornilova AV. Opredelenie obshhej dolgovechnosti i ostatochnogo resursa detalej metallurgicheskikh mashin [General durability and residual service life of machine parts]. *Tyazheloe Mashinostroenie*. 2005;3:9–11.
2. Kornilov AV. *Razrabotka metodov obespecheniya dolgovechnosti silovykh detalej kuznechno-pressovykh mashin i instrumenta [Development of methods to ensure the durability of the power parts forging presses and tools]* (Dissertation of Doctor of Technical Sciences). Moscow: MSTU "STANKIN"; 2009.
3. Zdenek C. Effect of heat load on a forging press. *Procedia Engineering*. 2014;69:897–901.
4. Zdenek C, Karel R. Effect of heat load on a mechanical forging press. *Annals of DAAAM & Proceedings*. 2016;27:344–348.
5. Zdenek C, Karel R, Tomas K. Thermal analysis of the forging press LZK 4000. *Annals of DAAAM & Proceedings*. 2018;29:740–745.
6. Paing Thet, Zaya Kyaw, Kornilova AV. Creation of a design methodology for crank punching machines of specified durability. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*. 2019;675:012042.
7. Makhutov NA. Generalized regularities of deformation and fracture processes. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2017;87(3):217–228.
8. Makhutov NA, Reznikov DO. Application of scenario analysis in the assessment of structural reliability of complex technical systems. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2015;44(8):675–686.
9. Burdukovsky VG, Kolmogorov VL, Migachev BA. Prediction of resources of materials of machine and con-

Anna V. Kornilova, Professor of Department of Civil Engineering, Academy of Engineering of RUDN University, Doctor of Technical Science, Docent; Kornilova\_av@rudn.ru; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5569-9320>, eLIBRARY SPIN-code: 6569-6240, Author ID: 351426, Researcher ID: U-3353-2017, Scopus Author ID: 7004499009.  
Kyaw Zaya, postgraduate of the Composite Materials Department of MSTU "STANKIN"; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0131-1399>; Scopus Author ID: 56416430100.

struction elements in the process of manufacture and exploitation. *Journal of Materials Processing Technology*. 1995;55:292–295.

10. Ovchinnikov AB. Priblizhennaja formula opredelenija koeficientov intensivnosti naprjazhenij dlja tel s poverhnostnymi treshhinami [Approximate formula for determining stress intensity coefficients for bodies with surface cracks]. *Problems of strength*. 1986;11:44–47.

11. Dragunov YG, Zubchenko AS, Kashirsky YV, Degtarev AF, Zharov VV, Koloskov MM, Orlov AS, Skorobogatyh VN. *Marochnik stalej i splavov* [Database of steels and alloys.]. 4<sup>th</sup> ed. Moscow; 2014.

12. Brandon DB. Developing mathematical models for computer control. *Instrument Society of America (ISA) Journal*. 1959;6:7.

13. Dougherty K. Introduction to econometrics. 3<sup>rd</sup> ed. Moscow: INFRA-M Publ.; 2009.

14. Tail G. *Jekonomicheskie prognozy i prinjatje reshenij* [Economic projections and decision-making]. Moscow: Statistika Publ.; 1977.

15. Malkova MY, Zadiranov AN. Primenenie universal'nogo ul'trazvukovogo reaktora dlja pererabotki koncentratov rud redkozemel'nyh metallov [Application of the universal ultrasonic reactor for processing of concentrates of ores of rare earth metals]. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2019;20(1):20–27.

#### **For citation**

Kornilova AV, Kyaw Zaya. Definition of acceptable parameters of defects in basic details of forging and press machines. *RUDN Journal of Engineering Researches*. 2019; 20(4):308–315. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-8143-2019-20-4-308-315>. (In Russ.)