

*Канд. техн. наук, доцент Иванов А.П.
магистр Иванова И.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ШАХТНЫХ ПРОФИЛЯХ

Наведені результати досліджень розподілу залишкових напруг в шахтних профілях після плющення

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Предварительными, или остаточными, напряжениями обычно называют напряжения, существующие в конструкции или природном теле при отсутствии внешних силовых тепловых и других воздействий.

Остаточные напряжения играют значительную роль в природе и технике, причем как положительную (в струнных инструментах, в длиннопролетных мостах, в закаленных стеклах транспортных средств, в строительных конструкциях и т.д.), так и отрицательную. К сожалению, отрицательную роль они играют чаще, чем хотелось бы (разрушения трубопроводов, внезапные разрушения строительных конструкций, развитие трещин на лобовых стеклах в автомобилях).

Остаточные напряжения практически всегда возникают в процессах литья,ковки, прокатки, сварки, термообработки и других процессах, а также при жестком соединении разных материалов, при этом не существует нормативных документов, которые бы позволяли учитывать остаточные напряжения при расчете конструкций на прочность. Образование остаточных напряжений происходит различным образом. В основе их возникновения обычно лежат необратимые объемные изменения в материале. Одним из наиболее типичных процессов является возникновение остаточных напряжений в результате предварительной пластической деформации. Часто это деформация получается при нагревании или охлаждении тела.

Опыт эксплуатации конструкций в различных областях техники и результаты многочисленных экспериментов показывают, что остаточные напряжения существенно влияют на надежность и долговечность техники, на технологичность и металлоемкость конструкций, на нормы расхода металла и на производство единицы продукции.

Анализ исследований и публикаций.

Разработка методов измерения остаточных напряжений в настоящее время является насущной и актуальной задачей. За последние десятилетия в результате усилий ученых России, Украины, США, Германии,

Венгрии и других стран положение с измерительными методами и средствами существенно улучшилось и началось экспериментальное изучение напряженных состояний. Но многое еще не сделано: для получения общих выводов о влиянии остаточных напряжений на прочность конструкции предстоит исследовать напряжения в очень большом объеме материалов и изделий.

Основные, современные экспериментальные методы, не только обеспечивают достоверное обнаружение в металлопродукции, но также позволяющие количественно определять уровень и распределения остаточных напряжений.

На сегодняшний день существуют следующие экспериментальные методы измерения и анализа остаточных напряжений:

1. разрушающие
2. малоразрушающие
3. неразрушающие
4. косвенные методы

Разрушающие методы основаны на предположении, что разрезка и удлинение части детали с остаточными напряжениями эквивалентна приложению к оставшейся части детали, на вновь появившихся поверхностях, напряжений обратного знака, равных по абсолютной величине остаточным.

Малоразрушающие методы основаны на использовании поверхностного слоя (припуска на механическую обработку) для сравнительного контроля остаточных напряжений путем выполнения на поверхности отверстий, пропилов, столбиков и контроля деформации в зоне разрушения.

Неразрушающие методы – рентгеновские, акустические (ультразвуковые), голографические, магнитошумовые [1, 2, 3].

Косвенные методы (иногда их называют сравнительными) составляют значительную группу неразрушающих методов, непосредственно не связанных с такими неразрушающими, как рентгеновские и ультразвуковой. В отличие от последних косвенные методы обычно дают возможность лишь качественно оценить остаточные напряжения. Вместе с тем большинство косвенных методов применимы для сравнительных оценок остаточных напряжений при серийном и массовом производстве путем экспресс-анализа.

Любой из экспериментальных методов измерения остаточных напряжений имеет вполне определенную область применения, в которой он максимально эффективен. Наиболее универсальными являются механическая тензометрия, рентгеновские и ультразвуковые методы.

Постановка задачи.

Определение остаточных напряжений и их распределение по сечению элементов конструкций на примере шахтных профилей.

Изложение материала и его результаты.

Для исследования остаточных напряжений в прокатных шахтных профилях применяется метод разрезания, который позволяет с достаточной высокой точностью получить значение распределения остаточных напряжений по сечению профиля.

В качестве испытательных образцов были взяты прокатные шахтные профили стана 600 ОАО Алчевского металлургического комбината нормальной поставки.

Для определения истинной геометрии профилей перед началом эксперимента были измерены все толщины рассматриваемых профилей. Результаты измерения сравнили с толщинами этих же профилей по сортаменту и провели сравнительный анализ (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение толщин элементов профилей СВП при поставке с сортаментом

Элемент профиля		Профиль			
		СВП17	СВП22	СВП27	СВП33
Полка	Толщина по сортаменту	7,8	11,0	13,0	14,5
	Средняя толщина элемента	8,96	11,26	13,15	14,75
	Среднеквадратическое отклонение	0,05	0,134	0,08	0,105
	Коэффициент вариаций	0,57	1,19	0,63	0,85
Стенка слева	Толщина по сортаменту	6,0	6,4	7,4	8,2
	Средняя толщина элемента	5,73	6,82	7,12	7,71
	Среднеквадратическое отклонение	0,15	0,286	0,075	0,117
	Коэффициент вариаций	2,62	3,93	1,05	1,51
Стенка справа	Толщина по сортаменту	6,0	6,4	7,4	8,2
	Средняя толщина элемента	5,83	6,74	6,95	7,95
	Среднеквадратическое отклонение	0,08	0,055	0,055	0,105
	Коэффициент вариаций	1,40	0,81	0,79	1,32
Ребро	Коэффициент вариаций	23,0	25,5	29,0	32,0
	Средняя толщина элемента	23,13	25,06	29,17	32,1
	Среднеквадратическое отклонение	0,22	0,167	0,121	0,20
	Коэффициент вариаций	0,97	0,66	0,41	0,62

Расположения датчиков было выбрано на наружной грани профиля в одном сечении. Схема расположения датчиков на шахтных профилях приведена на рисунке 1.

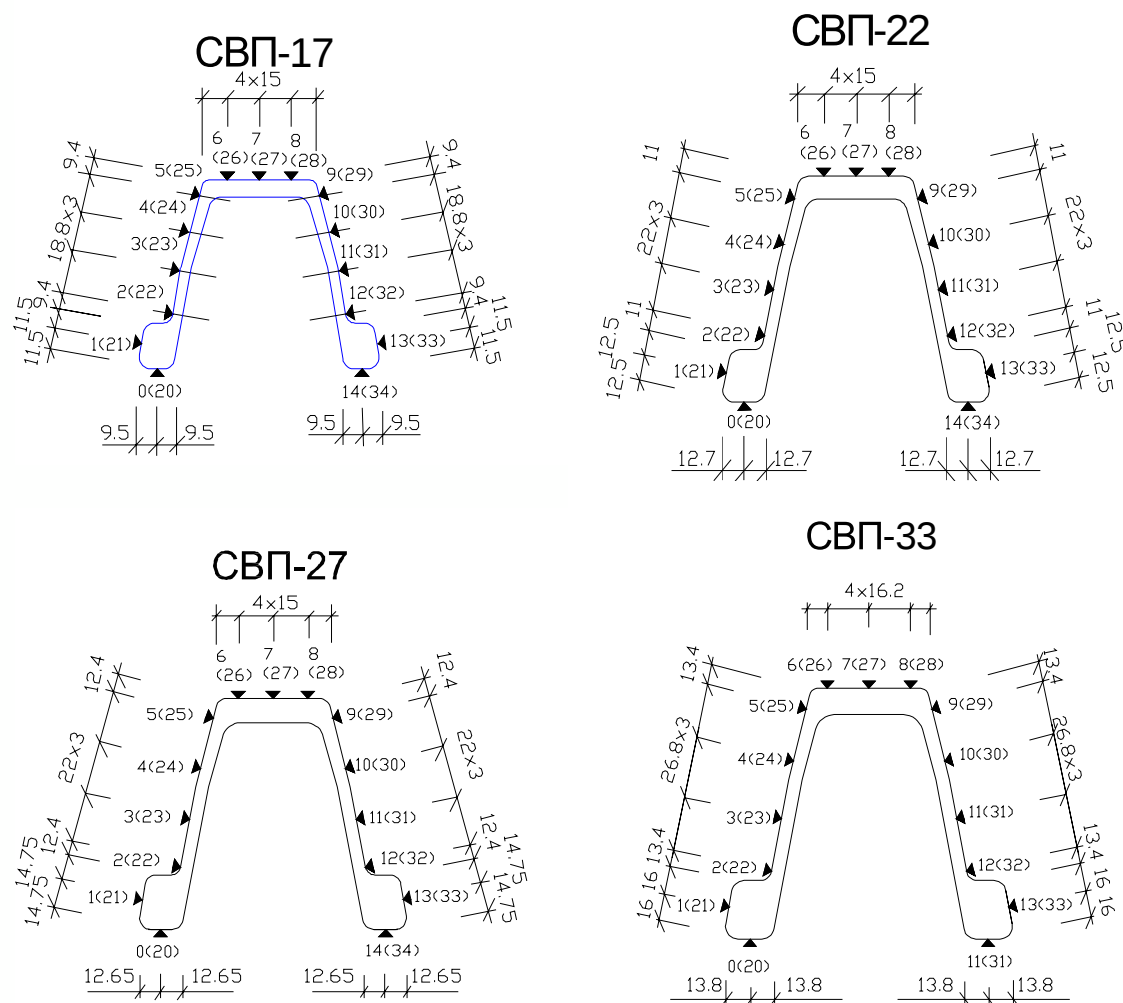


Рисунок 1 – Схемы расположения датчиков на профилях СВП (размеры в мм)

Места расположения тензодатчиков были осмотрены и установлено отсутствие на поверхности дефектов, таких как трещины, закаты и т.д. Подобного рода дефекты могут не только привести к ошибкам в измерении напряжений, но и повредить тензодатчиков.

Датчики были коммутированы и подключены к регистрирующей тензометрической системе СИИТ – 3. В состав, которой входят: блок дистанционного релейного переключения (БДРП), измерительный блок (БИ) и блок печати (БП). Схема подключения рассмотрена на рисунке 2, где R_{Ai} - активные датчики, установленные на исследуемой балке, а R_K - компенсационный датчик, установленный вне балки, но на таком же материале, с которого изготовлена балка.

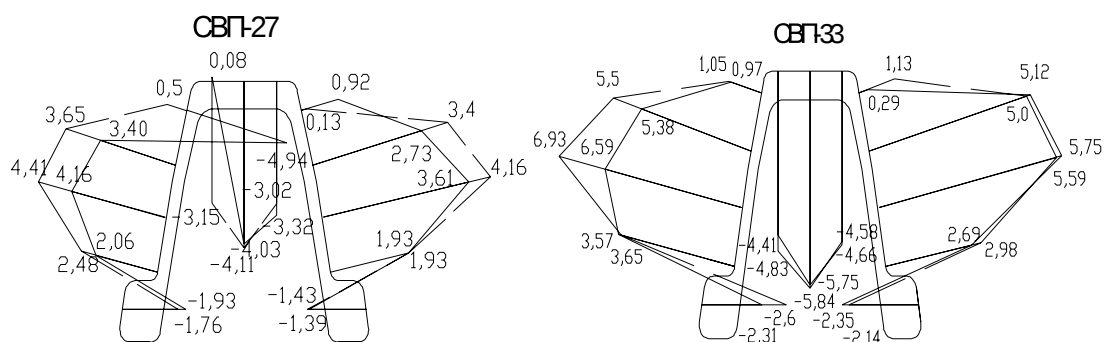


Рисунок 5 – Эпюры напряжений в шахтных профилях сразу после разрезки профиля в двух сечениях (МПа):

— — — — — I рез
 — — — — — II рез

Таблица 2 – Показания датчиков сразу после окончания резки шахтных стоек

№ п/п	Отчеты по прибору СИИТ-3, дел.				№ п/п	Отчеты по прибору СИИТ-3, дел.			
	СВП17	СВП22	СВП27	СВП33		СВП17	СВП22	СВП27	СВП33
0	+8,27	+15,79	+15,37	+1,85	20	-17,39	+30,62	-4,62	+15,37
1	+3,11	-29,95	+21,17	+4,24	21	-6,93	-6,38	-13,06	+58,00
2	+6,34	+15,41	+7,22	+23,27	22	-35,45	+1,39	-8,61	+30,58
3	+6,3	-19,07	+9,87	+20,24	23	-14,74	+6,26	+1,09	+60,61
4	-0,17	-22,09	+17,18	+31,29	24	-7,06	+6,55	-12,47	+56,49
5	-5,92	-35,24	-1,554	+18,27	25	-10,54	-10,33	-4,45	+24,19
6	-1,22	-12,56	+45,40	+47,75	26	-15,75	+8,32	-9,11	+24,11
7	+0,38	+2,9	+8,15	+5,54	27	+5,59	+22,85	-7,81	+31,12
8	+3,99	+13,4	+20,08	-9,28	28	-18,94	-12,43	-17,89	+18,27
9	+16,59	+9,0	+15,04	+23,48	29	+110,0	+1,93	+0,46	+0,55
10	-13,19	-24,61	+30,53	+23,69	30	+20,79	+87,44	+3,49	+11,05
11	-10,37	-16,93	+21,17	+14,15	31	+3,07	+57,5	+27,17	+37,25
12	-16,04	-5,59	+24,74	+30,16	32	+11,38	+26,75	+14,36	+14,74
13	-0,17	-0,84	+21,38	+33,39	33	+2,35	+9,74	-12,01	+2,98
14	-3,91	-23,56	+3,70	-3,86	34	+13,06	+16,63	+0,67	+3,74

Цену деления шкалы прибора определяли на лабораторном тарировочном приспособлении, представляющем собой консольную балку переменного сечения с зоной чистого изгиба и постоянной деформацией по ее длине. На верхних и нижних волокнах балки наклеены датчики при нагрузке балки работают на растяжение (R_3 и R_4) и сжатие (R_1 и R_2) (рис. 6).

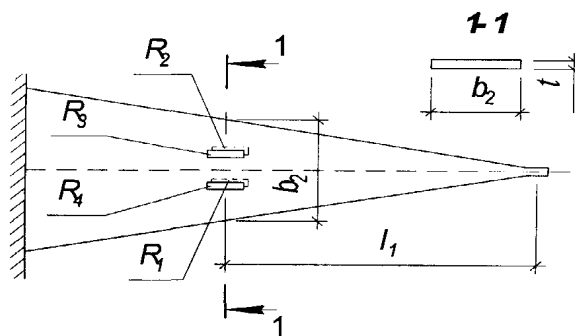


Рисунок 6 – Схема размещения датчиков на тарировочной балке

Внутренние напряжения после поперечной разрезки шахтного профиля изменяются во времени. Происходит релаксация, напряжения сжатия увеличиваются, а напряжения растяжения уменьшаются.

Ребра. В правом ребре профилей по истечению 15 минут после распиловки напряжения сжатия увеличились в 1,52 раза, а с левой стороны в 1,27. По истечению 30 минут – в 1,65 раза и в 1,42 раза, а через сутки – в 2,4 раза и в 2,1 раз соответственно.

Полка. В полке сжимающие напряжения со временем увеличиваются как по краям, так и в центре практически на одну величину, а через сутки уменьшаются, причем только в центре. Как изменятся сжимающие напряжения со временем в полке представлено в таблице 3 на примере профиля СВП-17.

Таблица 3 – Изменение сжимающих напряжений в полке профиля СВП-17 с течением времени

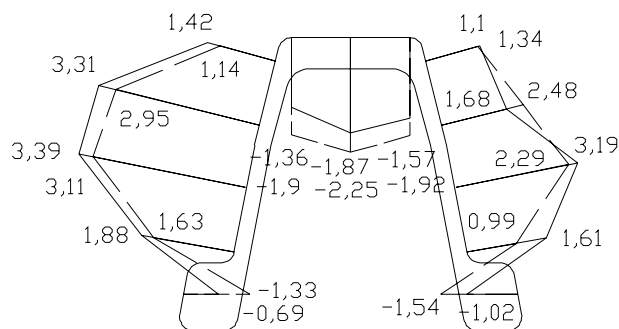
	15 минут	30 минут	24 часа
Край	1,24	1,3	1,8
Центр	1,16	1,25	0,9
Край	1,29	1,26	1,44

Стенка. Растягивающие напряжения в стенках так же изменяются с течением времени в местах примыкающих к сжатым зонам. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Изменение напряжений в стенках профиля с течением времени на примере профиля СВП-17

№ точки	15 мин	30 мин	1 сутки	№ точки	15 мин	30 мин	1 сутки
5	0,79	0,72	0,19	9	0,70	0,65	0,47
4	0,42	0,87	0,67	10	0,69	0,65	0,40
3	0,90	0,96	1,01	11	0,68	0,65	1,06
2	0,88	0,8	0,46	12	0,62	0,32	0,09

Изменения напряжений в целом во всем профиле можно посмотреть на эпюрах напряжения сразу после распила и через сутки после распила рассмотрены на примере профиля СВП-17 (рис. 7).



_____ - сразу после распила
 _____ - через 1 сутки после распила

Получены распределения остаточных напряжений по сечению профилей. Определено, что с течением времени они меняют свои значения. В дальнейшем необходимо провести аналогичные исследования на других прокатных профилях, которые наиболее широко применяются в строительных конструкциях.

The results of researches of distributing of remaining tensions in mine types after rolling are resulted

1. Чернышев Г.Н., Попов А.Л., Козинцев В.М., Пономарев И. *Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах*. М., 1996.
2. Касаткин Б.С., Кудрин А.Б., Лобанов Л.М. и др. *Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений*. К., 1981.
3. *Экспериментальная механика: в 2 кн.* / Пер. с англ.; Под ред. Кобаяси. М., 1977.