هشتمین همایش صنایع دریایی
۹ لغایت ۱۱ آبانماه ۱۳۸۵
استان بوشهر

مدیریت برشکاری و کنترل ورقهای باقیمانده از برش

مصباح سایبانی[۱]، مهران بروشان[۲]، جلال رفیعی[۳]

چکیده:

یکی از مهمترین قسمتهای کارخانه های کشتی سازی ،کارگاه برشکاری و برش قطعات از درون ورقها و پروفیل های خام می باشد .به علت پیچیده بودن شکل قطعات و تفاوت ضخامت و جنس ورقهای به کار رفته در بدنه کشتی مقداری مساحت ورق در بین قطعات بلااستفاده می شود و مقداری از مواد هدر میرود، لذا استفاده از روش هایی جهت کاهش این ضایعات ها و استفاده بهینه از مواد ضروری می باشد .

در این مقاله دو روش تقسیمات چیدمان قطعات روی ورق های خام ارائه شده همچنین دستورالعملهایی برای کاهش ضایعات ورقها و مدیریت بهتر کارگاه برشکاری ارائه شده است ،در پایان با بررسی موردی یک پرژه در این زمینه مقدار ضایعات و ورقهای باقیمانده آن محاسبه شده است.

[1]. استادیار دانشگاه صنعتی امیر کبیر
[2]. کارشناسی ارشد شرکت IsoIco بندرعباس
[3]. دانشجوی کارشناسی دانشکده مهندسی کشتی سازی امیر کبیر

مقدمه :

مواد خام ساخت بدنه کشتی به دو صورت پروفیل و ورقهای فولادی استاندارد وارد کارخانه می شود. برای کاهش هزینه ها و افزایش بهره وری باید از این مواد خام نهایت استفاده شود. قطعات کشتی باید از درون ورقهای پروفیلهای خام بریده شوند.

به چیدمان بهینه قطعات درون ورقهای استاندارد خام Netting میگویند . مدیریت بر کار Nesting و ساختن بسته های کاری برای کارگاه برش نیز مسأله مهمی است که می تواند سهم عمده ای در نحوه مدیریت بر برشکاری داشته باشد. باید از حد اکثر مساحت ورق استفاده شود تا کمترین ضایعات ایجاد گردد. الگوریتم های ریاضی زیادی برای Nesting ابداع شده اند و نرم افزار هایی نیز برای اتوماتیک کردن Nesting ساخته شده اند . علاوه بر Nesting مناسب راهکارهای دیگری مانند استفاده از ورق های با ضخامت بالاتر برای بعضی از قطعات طبق آیین نامه موسسات رده بندی و یا استفاده از گرید پایین تر فولاد وجود داردهمچنین ابعاد ورق های خام متناسب با ابعاد قطعات سازه ای که در ساختمان کشتی زیاد بکار رفته اند خریداری شوندو برای برش قطعات کوچک استاندارد و یا ترمیم خرابیها حتی الامکان از ورقهای باقیمانده استفاده شود.

مدیریت Nesting و نقشه های فرستاده شده به کارگاه برش :

با توجه به اینکه ساخت بدنه کشتی ها به صورت بلوکی (سکشنی) انجام می شود، چگونگی فرستادن نقشه های برشکاری به کارگاه برش می تواند تأثیر زیادی بر نحوه کنترل پروژه و همچنین سرعت کار بگذارد. روشی که اتخاذ می شود باید دارای راندمان بالا بوده هم چنین هزینه برنامه ریزی آن پائین باشد. (به خاطر تداخل قطعات و برنامه بندی ساخت نمی توان یک جا همه قطعات را در همه ورقهای خام مورد نیاز جا داد).

دو روش برای این کار می توان در نظر گرفت:

- **روش سکشنی**: در این روش قطعات محصور در یک سکش در تعدادی ورق خام چیده شده و به کارگاه برش فرستاده می شود. ترتیب فرستادن نقشه ها بر اساس برنامه زمان بندی ساخت می باشد.

مزایا:

- می توان بر اساس زمان بندی ساخت و نصب سکشنها نقشه ها را به کارگاه برش فرستاد و لذا برای زمانی که نقشه ها همزمان و یا کمی زودتر آماده می شوند مناسب است.
- آسان شدن برنامه ریزی و کنترل پروژه در کارگاه، چون زمان بندی ها تقریباً مشخص است.
- راحتی انتقال قطعات برش خورده به انبار بعد از کارگاه و کم شدن احتمال گم شدن قطعات.

معایب:

- افزایش مقدار ورقهای باقیمانده از برش (Reminder plate) به علت کم شدن حق انتخاب در Nesting
- استفاده ناقص از ظرفیت ماشینهای برش، زیرا ممکن است بعضی از دستگاهها در کارگاه بیکار بمانند.
- امکان عدم محاسبه دقیق ظرفیت واقعی دستگاهها
- امکان افزایش زمان برش مورد نیاز کل پروژه به علت استفاده ناقص از ظرفیت کل ماشینها
- امکان افزایش کل زمان تولید به دلیل عوامل بالا

۲- **استفاده از روش چند سکشن همزمان**:در این روش چند سکشن مشابه با هم Nest شده و با هم به کارگاه برش فرستاده می شوند خط تولید کارگاه برش به صورت فشرده و پیوسته به امر برش اشتغال می یابد. البته این روش نیاز به شرایط و پیش زمینه هایی دارد:

- وجود پیمانکار برش در منطقه

- آماده بودن حداقل ۶۰٪ نقشه ها قبل از شروع تولید همچنین مشخص بودن قطعات استاندارد کوچک قبل از تولید
- هماهنگی کامل با بخش outfitting برای نقشه کشی و برنامه ریزی مناسب
- مدیریت قوی در بخش Nesting، این که چه سکشنهایی با هم Nest شوند مسأله مهمی است. سکشنهایی می توانند با هم Nest شومد که اولاً: از نظر تعداد ابعاد المانها و جنس متریال به کار رفته متشابه باشند هم چنین از نظر زمان بندی کار ساخت به هم نزدیک بوده یا متوالی باشند.
- تثبیت تولید با تزریق پیمانکار در صورت نیاز

مزیت این روش کاهش ورقهای باقی مانده از برش و استفاده حداکثری از ظرفیت ماشینهای برش می باشد.

استفاده از این روش معایبی نیز دارد:

- افزایش زمان انتظار برای دریافت یک سکشن به دلیل برش خوردن چند سکشن با هم
- استفاده محدودتر از ورقهای باقیمانده نسبت به روش سکشنی
- محدودیت انعطاف پذیری خط تولید به علت فشردگی کار کارگاه
- مشکل کردن کنترل خط تولید در بخش ساخت: امکان پاسخگویی نیاز برش ضرب العجلی یک سکشن کم می شود.
- شکل کنترل قطعات بعد از برش به خاطر در هم بودن قطعات Nest شده در ورقها و افزایش احتمال گم شدن قطعات بعد از برش

ارائه چند دستورالعمل برای کاهش ضایعات و کنترل بالاتر:

با افزایش ورقهای باقیمانده از برش امکان به هدر رفتن مواد خام افزایش می یابد، حمل و نقل مواد در کارگاه برش افزایش پیدا کرده و حجم زیاد دیو آن امکان ترتیب چیدمان مناسب را خواهد گرفت.

لذا دستورالعملهایی را برای کاهش ورقهای باقیمانده و مدیریت بهتر ارائه داده اند که البته بسیاری از آنها نیاز به تأیید مؤسسه رده بندی دارد:

۱- در بعضی از مقاطع می توان از ورق با ضخامت بالاتری برای Nesting استفاده کرد، از این کار می توان در مواردی که ورق با ضخامت قطعه مورد نظر دچار کمبود باشد و یا این که حجم قطعات با یک ضخامت دریک سکشن بسیار کم باشد، اگر ضخامت قطعه کمتر از ۲۰ میلیمتر باشد می توان از قطعه ای تا ۱/۵ میلیمتر بیشتر استفاده کرد و اگر ضخامت بیشتر از ۲۰ میلیمتر باشد تا ضخامت ۲ میلیمتر بیشتر می توان به کار گرفت. ۲- برای کم کردن تنوع جنس متریال (گریدهای مختلف) می توان با استفاده ازآیین نامه در بعضی نقاط از گریدهای با استحکام پائینتر ولی ضخامت بیشتر استفاده کرد. ۳- در کارگاه برش، ورقهایی که کیفیت و ضخامت یکسان دارند، پشت سر هم برش بخورند تا تسلط بر کنترل ورقهای باقیمانده افزایش یابد. ۴- در صورت وجود خرابی Repair در خط تولید و یا نیاز به قطعات استاندارد کوچک، تکه تعمیراتی و یا قطعات کمکی مونتاژ حتی المقدور از ورقهای باقیمانده استفاده شود.۵- در هنگام طراحی پایه علاوه بر مسأله کاهش وزن، مسائل ساخت نیز درنظر گرفته شده و از تنوع زیاد جنس و ضخامت قطعات امتناع شود. ۶- در هنگام خرید مواد خام برای یک پروژه بهتراست سفارش مواد خام با نظارت دفتر طراحی انجام شده و طول و عرض ورقها متناسب با ابعاد المانهای اصلی بدنه می باشد.

مطالعه موردی یک فروند فراورده بر (product carrier) در حال ساخت:

وزن مرده این شناور ۷۵۰۰۰۰ تن می باشد و طول آن ۱۶۸ متر است. این کشتی به ۱۷ بلوک و ۱۲۲ سکشن تقسیم شده است. هر سکشن دارای یک کد است، از سمت چپ رقم اول شماره پروژه، رقم دوم موقعیت سکشن در بلوک از نظر وظیفه سازه ای، رقم سوم و چهارم شماره بلوک و رقم پنجم موقعیت مکانی سکشن در بلوک را مشخص می کند. در جدول شماره ۱ مقدار متریال درخواست شده برای هر سکشن و همچنین وزن قطعات تعدادی از سکشنها که Nesting آنها به اتمام رسیده است آورده شده، وزن قطعات و مواد خام گریدهای مختلف ورق نیز آورده شده است.

بـر اسـاس لیـستی کـه دفتـر طراحـی شـرکت از مقـدار ورقهـای باقیمانـده قابـل اسـتفاده آمـاده کـرده اسـت، وزن ورقهای باقیمانده هر سکشن استخراج شده است.

section nomber	raw material weight(kg)	parts weight all(kg)	raw material Gr. A (kg)	parts weight Gr. A(kg)	raw material Gr AH(kg)	parts material Gr. AH(kg)	rest plate all(kg)	Scrap kg	rest %	scrap %
11060							17168.78			
11070	94963	51457	55319	29049	39644	22408	39792.6	3713.4	41.9	3.9
11090	183916.08	118196.56	140508.72	80719.52	43407.36	37477.04	48776.55	16943	26.5	9.2
11110	147161.3	89718.69	85540.9	31217.53	61620.4	58501.16				
11120	174565.3	122541	131102.3	83917	43463	38624	11350.48	40673.8	6.5	23.3
11130	172137	118941.44	129862.5	82760.98	42274.5	36180.46	26401.75	26793.8	15.3	15.6
13062,3	92916.72	54432	55177.2	33202	37739.52	21230	27871.02	10613.7	30.0	11.4
13064,5	87154	63874	35315	22174.28	51839	41699.72				
13072,3	99355.56	49838.62	65400.56	35896.12	33955	13942.5	29742.96	19774	29.9	19.9
13074,5	107349.84	65542	60231.6	36720	47118.24	28822	33365.2	8442.64	31.1	7.9
13082,3	96590	53444.12	62443	30273.16	34147	23170.96	20824.79	22321.1	21.6	23.1
13084,85	148290.48	94877.04	79241.76	47088.58	69048.72	47788.46				
13092,3	157679	121063.74	94838	62140.52	62841	58923.22	16308.45	20306.8	10.3	12.9
13102,3	190870	135379.15	96209	66853.96	94661	68525.19				
13112,3	152856	121273.71	91114	62338.38	61742	58935.33	10747.24	20835.1	7.0	13.6
13122,3	172180	171318.84	89238	59730.82	82942	111588.02				
13132,3	188284	138600.54	116775	77298.76	71509	61301.78				
15070	69690	36178.72	19300	9832.52	50390	26346.2				
15080	97300.8	55985	40227.5	20697	57073.3	35288				
15090	81885	51068.43	24336	13380.35	57549	37688.08	19437.96	11378.6	23.7	13.9
15100	121600	63150.69	48716	21885.2	72884	41265.49	37996.43	20452.9	31.2	16.8
16062,3	47450	31041.07	4414	981.23	43036	30059.84	8830.458	7578.47	18.6	16.0
16070	53167	28514	5401	1824	47766	26690	23095.81	1557.19	43.4	2.9
16080	51536	31087.12	5603	1846.49	45933	29240.63	15858.81	4590.07	30.8	8.9
16090	55503	35578.5	3396	2369	52107	33209.5	17102.65	2821.85	30.8	5.1
16100	54170	31305.41	7074	2077.66	47096	29227.75	18932.9	3931.69	35.0	7.3
16110	39641	31688.59	3396	1901.08	36245	29787.51	7657.073	295.337	19.3	0.7
16120	64261	34613	3396	2184	60865	32429	26045.16	3602.84	40.5	5.6
16130	61604	34800.71	3396	2175.25	58208	32625.46				
17062,3	85942	59073.99	11036	6534.25	74906	52539.74	15964.73	10903.3	18.6	12.7
17082,3	79661	58093.39	3396	2545.94	76265	55547.45	12222.28	9345.33	15.3	11.7
17102,3	82255	57720.16	3396	2543.5	78859	55176.66				
17122,3	80525	57471.35	3396	2492.48	77129	54978.87	15373.96	7679.69	19.1	9.5
17132,3	95019.2	57634.39	3396	2576.64	91623.2	55057.75				
17130							14579.46			
11060							7949.76			
11090							49509.39			
13100							22945.91			

جدول شماره ۱

بر اساس این جدول

وزن ورقهای درخواست شده = ۲۱۴۷۶۶۹ kg

وزن قطعات موجود در سکشنها= ۱۳۸۹۴۱۶ kg

وزن ورقهای باقیمانده = ۴۸۳۶۹۹ kg

می باشد، مقدار ضایعات ورقهای ایجاد شده در دفتر طراحی که استفاده از آنان در صورت امکان به عهده کارگاه برش گذاشته شده است از رابطه

وزن ضایعات (Scraps) = وزن متریال خام – وزن قطعات – وزن ورقهای باقیمانده

به دست آمده است.

وزن ضایعات=۲۷۴۵۵۴ kg

درصد کل ورقهای باقیمانده در این سکشنها و درصد ضایعات اولیه نیز به صورت زیر می باشد:

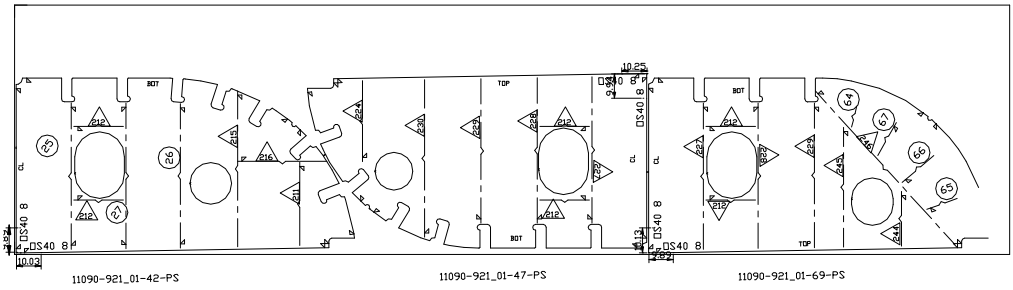
درصد ورقهایباقیمانده= ۲۲,۵

درصد ضایعات= ۱۲,۵%

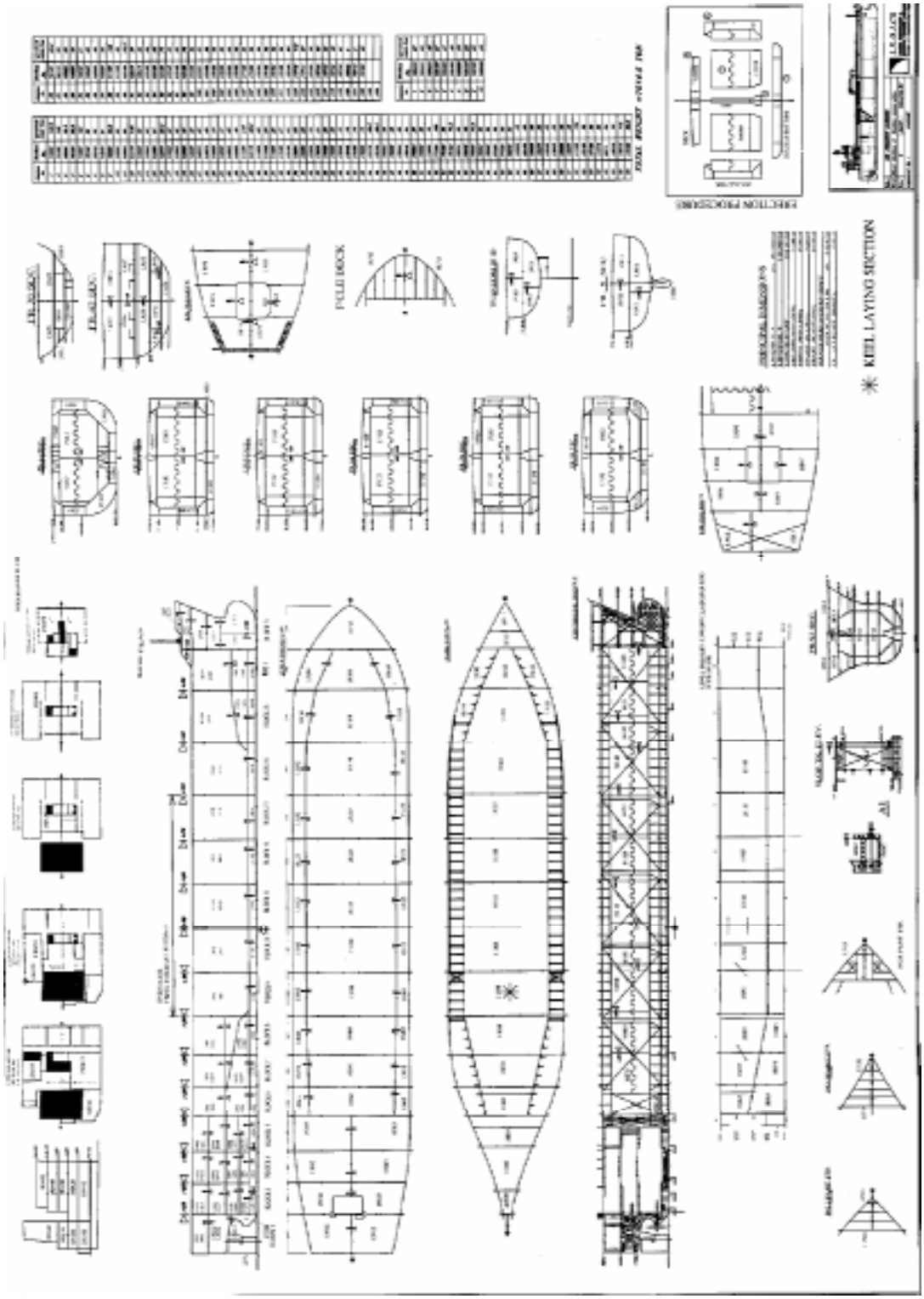
همان طور که مشاهده می شود حجم زیادی از ورق ها بلا استفاده مانده اندوممکن است بیش از نصف ورقهای باقیمانده نیز به ضایعات پروژه تبدیل شوند.روش چیدمان قطعات سکشن به سکشن می باشد. دو علت نیز برای میزان زیاد ورقهای باقیمانده و ضایعاتی ها می توان استخراج کرد: ۱- تنوع زیاد جنس و ضخامت ورقهای استفاده شده در طراحی ۲- کمبود ورقهای با عرض مناسب که به جای ۵ تیب عرض ورق مورد نیاز تنها دو تیپ خریداری شده است و این مسأله باعث خالی ماندن نوارهای طولی بزرگ وبلااستفاده شده است.

نتیجه گیری:

برای کاهش ضایعات ورقها در کارگاه برش تمهیدات زیادی باید دیده شود که از طراحی باید شروع شود و تا می توان تنوع جنس و ضخامت ورقها را کاهش داد، در مسأله خرید ورقهای با عرض مناسب از دفتر طراحی کمک گرفت، روش مناسبی برای Nesting پروژه انتخاب کرد، کار Nesting با دقت و حوصله زیادی انجام گیرد و در نهایت کارگاه برش مدیریت و دلسوزی لازم را برای استفاده بهینه از ورقهای باقیمانده را داشته باشد.



شکل شماره۱:نمونه ای از یک نقشه nesting,به نوار طولی بالایی باقیمانده توجه نمایید.



شکل۲:نقشه سکشن بندی کشتی فراورده بر

منابع:

1- ‘SHIP PRODUCTION’ second edition b)Richard Lee Starch, Colin p.Hammon, Howard M.Bunch & Richard C.Moore

2- ‘Lean production in the Japanese Shipbuilding industry’ By Philip C.koening, Hitoshi Natira, and koichi Baba.

۳- جزوه مدیریت ورقهای باقیمانده از مهندس مهران بروشان- کارشناس ارشد شرکت IsoIco بندرعباس و Translated From Gevman: Orbis Marine Consnltant

۴- جمع آوری نظرات کارشناسان شرکت IsoIco بندرعباس ۸۵-۱۳۸۴