

Życiowe porady gmolarza-stelazysty

Autor: Pastor

08.07.2010.

Zmieniony 31.07.2013.

Życiowe porady dla gmolarza-stelazysty

Nabyłeś za gruby kesz stelaże wielce profesjonalnej firmy krajowej i cholerstwo wymaga Pudzianowej siły przy zakładaniu, a w połowie pierwszej trasy pęka w dziwnych miejscach? A może nabyłeś za jeszcze grubszy kesz gmołe renomowanej marki z zagranicy, które po przelotnym romansie z kubłem na śmieci zawinęły się, demolując po drodze motór?

Jeśli masz tego dość, albo po prostu nie masz kasy na takie frykasy, to nie bój się - możesz zrobić te rzeczy samemu. O ile masz trochę wprawy w krzesaniu iskier i zrobisz to z głową, to na pewno nie będą gorsze. Natomiast na pewno będą tańsze i nie zostawią poczucia, że dałeś się wydymać jakiemuś nadętemu partaczowi. Pamiętaj, że masz potężną przewagę nad każdym koncernem: nie musisz się liczyć z ograniczeniami związanymi z produkcją seryjną.

Acha, jeszcze disklajmer: Zawodowców przepraszam za uproszczenia i łopatologię. Nie bijcie. Amatorów przepraszam za przynudzanie. Wszystkich pozostałych przepraszam za globalne ocieplenie i kwaśne deszcze. A tera do roboty:

Gawęda o materiałach

Można zrobić stelaż z łodyg rabarbaru, albo z zamrożonej kiszzonej kapusty.

Można też ze stali nierdzewnej albo stopów aluminium. Ten drugi zestaw jest praktyczniejszy, ale też ma pewne wady. Chodzi mianowicie o łatwą naprawialność w trasie. Tak wiem - to ma się nie psuć, ale w życiu nie psuje się tylko to, czego nie ma. Pół biedy jeśli podróżujesz zwiedzając norweskie hotele czy hiszpańskie campingi. Na zgniłym zachodzie znalezienie technologii do pospawania Alu czy nierdzewki jest od biedy wykonalne. Niestety im dalej na wschód od Buga, tym jest z tym trudniej.

Dla przykładu piękne, nierdzewne stelaże Nuemullera, które obleciały solidny kawał europy, skończyły w Indiach żywot w sposób następujący

Efekty desperackiej próby naprawienia tego cuda wyglądały potem tak:

Jakoś kupy się trzymało, ale raczej nie o to chodzi...

Natomiast nawet w najbardziej zapadłym tadżyckim kiszłaku można znaleźć elektrodówkę lub autogen do pospawania pospolitych gatunków stali.

Tak więc nierdzewka i Alu owszem, ale jako wypełnienia i osłony. Do elementów konstrukcyjnych polecałbym czarną stal - ale jaką? Ano taką która spełni nam parę podstawowych warunków: ma być łatwo spawalna i dać się obrabiać plastycznie na zimno. Do tego powinna mieć sensowną wytrzymałość i dać się kupić bez kolejki.

Dobrym materiałem jest stal R35, a jeszcze lepszym 18G2A. Wprawdzie tą drugą mądre książki zalecają spawać z wyżarzaniem odprężającym, ale przy tak drobnych detalach jak nasze, można sobie tą czynność podarować i też będzie dobrze. Oba gatunki powszechnie używane są np. na bezszwowe rury przewodowe i precyzyjne, i oba dobrze się spawają popularnymi w naszych garażach metodami spawalniczymi. R35 jest trochę słabsza, ale łatwiejsza w obróbce plastycznej, trochę ładniej się spawa i jest bardziej dostępna. Ma jeszcze tą zaletę, że dostępne w handlu rury z tej stali zwykle są po obróbce cieplnej, a z 18G2A różnie bywa. Jeśli mamy pecha to trafimy 18G2A w postaci BK lub BKW (objaśnienia niżej), a to cholerstwo niezbyt nadaje się do obróbki plastycznej. Pewnie myślicie, że można o to zapytać w hurtowni. Zapytać owszem można, ale zwykle zapytani sprzedawcy robią oczy jak sowa po lewatywie, albo mówią to co klient chce usłyszeć, przy czym nie zawsze jest to prawda. Znam to z autopsji niestety.

Żeby nikt nie musiał mi wierzyć na słowo, poniżej macie tabelkę z podstawowymi właściwościami mechanicznymi rur ze stali 18G2A i R35 powyciągane z odpowiednich norm.

Rodzaj rur

Gatunek stali

Właściwości wytrzymałościowe rur

Rm [MPa]

Re [MPa]

A5 [%]

NZF NBK

GZF GBK

BKW

BK

NZF NBK

NZF NBK

GZF GBK

BKW

BK

PRECYZYJNE

wg PN-91/H74240

R35

360

340

400

450

215

24

26

9

6

18G2A

510

490

550

600

365

22

24

7

4

PRZEWODOWE

wg PN-84/H-74220

R35

345

235

25

18G2A

510

350

22

Te różne śmieszne literki oznaczają:

Rm - Wytrzymałość na rozciąganie, czyli w uproszczeniu największa siła jaką zniesie próbka materiału odniesiona do pola przekroju próbki.

Re - Granica plastyczności - wartość naprężenia przy której zaczynają powstawać nieodwracalne odkształcenia plastyczne. Nie każdy materiał ma wyraźną granicę plastyczności i nie jest to to samo co granica sprężystości, ale nie wnikajmy zanadto, bo nie o to lato.

A5 - Wydłużenie względne to po ludzku mówiąc: o ile procent wydłuży się rozciągana próbka dopóki nie zostanie zerwana. Dla nas to dość istotny parametr - pokazuje m.in. przydatność do obróbki plastycznej. (Ta piątka oznacza, że pomiar został dokonany na próbce o długości 5 razy większej niż jej średnica.)

Rury dostarczane są w paru odmianach różniących się obróbką cieplną.

BK - bez obróbki cieplnej

BKW - po obróbce cieplnej ciągnięte z małym gniosem na wymiar gotowy (czyli faktycznie jakby bez obróbki, skoro ostatnim procesem było ciągnięcie na zimno).

GBK i GZF - rury wyżarzane rekrytalizująco. To rodzaj obróbki cieplnej polegający na nagraniu stali, uprzednio odkształconej na zimno, do temperatury rekrytalizacji, wygrzaniu w tej temperaturze i następnie chłodzeniu do temperatury otoczenia. Obróbka ta ma na celu przywrócenie struktury jaką posiadał materiał przed odkształceniem na zimno. Własności plastyczne materiału rosną, a maleją własności mechaniczne. Rekrytalizację stosuje się szczególnie w celu umożliwienia dalszej przeróbki plastycznej na zimno - co nas szczególnie interesuje bo w ten głównie sposób będziemy się nad tym żelastwem pastwić.

NBK i NZF - rury wyżarzane normalizująco. Obróbka podobna do rekrytalizującej, ale przy trochę innych temperaturach. Ma na celu rozdrobnienie i ujednorodnienie ziarna, co wpływa na polepszenie własności mechanicznych stali, chociaż różnie z tym bywa ;)

Szanowni Zgromadzeni widzą, że rura rurze nie równa. Ze wszystkich rodzajów rur występujących w przyrodzie, nas interesować będą rury precyzyjne i przewodowe bez szwu.

Jak w powyższej tabelce widać, mit o tym że rury precyzyjne są mocniejsze od przewodowych jest bzdurą. Ale precyzyjniaki mają też swoje zalety takie jak wysoka dokładność wykonania, dobra jakość powierzchni i duża różnorodność wymiarów. Z tych powodów rury te szeroko stosowane są w przemyśle maszynowym. Rury precyzyjne, wykonane są w procesie ciągnięcia na zimno, w zakresie średnic od $\square 4$ do $\square 110$ mm i grubościach ścianek do 12,5 mm.

Przykładowy typoszereg średnic zewnętrznych w interesującym nas zakresie leci tak: $\square 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35$ mm itd.

Grubości ścianek: 1, 1,5, 2, 3, 4 mm itd.

Jeśli chcemy np. zrobić stelaż pod typowe uchwyty Touratecha to ramka z rury $\square 18$ będzie w sam raz.

Rury przewodowe nie mają już tak słodko zaokrąglonych wymiarów. Ich średnice zewnętrzne wynikają z jakichś nie znanych mi historyczno-technologicznych zaszłości i są uszeregowane wg średnic nominalnych (czyli takich dziwnych, które nie pokrywają się z żadnym wymiarem rzeczywistym).

Leci to mniej więcej tak:

Wymiar nominalny

Rzeczywista średnica zewnętrzna

Typowa grubość ścianki

Dostępne grubości ścianek i masy 1mb rury

metryczny

calowy

1,6

1,8

2

2,3

2,6

2,9

3,2

3,6

4

4,5

Dn 10

3/8"

12

0,411

0,453

0,494

0,551

0,603

13,5

2

0,522

0,571

0,639

0,703

0,762

16

0,632

0,692

0,778

0,860

0,938

1,01

17,2

2

0,754

0,850

0,942

1,03

1,11

1,21

Dn 15

□"

20

1,01

1,12

1,22

1,33

1,46

1,58

21,3

2,3

1,09

1,21

1,33

1,44

1,59

1,72

Dn 20

□

25

2,3

1,29

1,44

1,58

1,72

1,90

2,07

26,9

2,3

1,41

1,57

1,73

1,89

2,09

2,28

30

2,6

1,77

1,96

2,14

2,37

2,59

2,83

Dn 25

1"

31,8

2,08

2,27

2,52

2,76

3,02

33,7

2,9

2,22

2,42

2,69

2,95

3,23

38

2,53

2,77

3,08

3,38

3,71

Podkreśliłem typowe, dostępne powszechnie średnice i zalecane grubości ścianek.

Rury przewodowe wykonuje się jako walcowane na gorąco (PN-80/H-74219) i jako ciągnięte na zimno (PN-84/H-74220), przy czym ich średnice zewnętrzne i grubości ścianek podzielone są na 2 klasy dokładności. Dla interesującego nas zakresu wymiarów w klasie D1 dopuszczalne odchyłki średnic zewnętrznych wynoszą +/- 0,5 mm, a grubości ścianek +/- 15%. W klasie D2 jest to odpowiednio 1,25% i 10%.

Dla naszych potrzeb obie klasy dokładności są zupełnie wystarczające, ale miejmy świadomość, że czasem to co pokaże suwmiarka nie musi być dokładnie tym, czego się spodziewamy.

Rury przewodowe mają jeszcze jedną wielce interesującą cechę. Powszechnie używane giętarki do rur hydraulicznych przystosowane są do ich szeregu wymiarowego (zazwyczaj od \square w górę) i wszelkie gięcia wychodzą na nich czysto i ładnie. Do rur precyzyjnych trzeba niestety dorożyć/pożyczyć/skombinować/podpieprzyć specjalne giętaki, no chyba że gniemy rury o baaardzo grubych ścianach. Ale o gięciu będzie później.

Co do grubości ścianek... No cóż. Kompletny stelaż zrobiony z rury np \square 18x1 będzie lżejszy o niecały kilogram od stelaża zrobionego z \square 17,2x2 za to będzie słabszy i bardziej delikatny. Wprawdzie jestem zwolennikiem redukcji masy, ale jeszcze większym zwolennikiem redukcji problemów. Ten kto próbował pospawać rurkę o ściance 1,0 mm jakąś przygodną elektrodówką gdzieś na wyjeździe, do tego w wymuszonej pozycji, będzie wiedział co mam na myśli. Można oczywiście wybrać jakieś rozwiązanie pośrednie - duże, słabo obciążone elementy, np ramki w stelażach, robić z rury cienkościennej, a elementy przenoszące duże obciążenia - np. wsporniki, z grubościennej. Ten wybór zostawiam Wam i wierzę, że będzie to wybór świadomy.

Żeby nie było, że jestem jakiś zakochany w rurach, to teraz podumajmy trochę o innych kształtach. Czasem spotyka się opinię jakoby zamknięte profile o przekroju prostokątnym miały jakieś superduper cechy wytrzymałościowe. Często też widać gmole (np. sławetnej firmy H&B) umocowane do ramy na prawie półmetrowych płaskownikach...

Tak więc mamy dylemat:

Rura, profil czy płaskownik - oto jest pytanie.

Porównywanie koła z prostokątem to trochę jak porównywanie psa z kotem. Żeby takie porównanie miało jakikolwiek sens, pies i kot powinny być przynajmniej podobnej wielkości.

Weźmy taki książkowy przykład z płaskownikiem, rurą i profilem prostokątnym o tej samej masie 1 mb, czyli o identycznym polu przekroju poprzecznego, takim samym wymiarze pionowym i tej samej grubości ścianki rury i profilu.

Wyglądać to będzie mniej więcej tak:

Żeby nie zaśmieczać sobie bańki zbędnymi cyframi, pokażę wyniki porównania w odniesieniu do najsłabszego elementu, czyli płaskownika. Oczywiście zginanie płaskownika obliczono w jego osi Y - czyli w płaszczyźnie większego wymiaru. Inaczej nie miałyby to sensu. Rozpatrywany płaskownik miałby wtedy aż 3,6 raza mniejszą wytrzymałość na zginanie.

rys

Element

Największy dopuszczalny moment zginający

Największy dopuszczalny moment skręcający

Ze wzgl. na naprężenia

Ze wzgl. na ugięcie

Ze wzgl. na naprężenia

Ze względu na kąt

a)

Płaskownik

1,0

1,0

1,0

1,0

b)

Rura

1,2

1,15

5,0

8,9

c)

Profil prostokątny

1,4

1,5

4,5

6,7

Takowoż widzimy, że rura ma wytrzymałość na zginanie 1,2 / 1,15 raza większą niż płaskownik, a profil prostokątny 1,4 / 1,5 raza. Za to na skręcanie rura jest niekwestionowanym debeściakiem 5 / 8,9 raza wytrzymalszym od płaskownika, a profil prostokątny zajmuje drugą lokatę z krotnością 4,5 / 6,7.

Wnioski:

- W przypadku kiedy mamy do czynienia z uporządkowanym i przewidywalnym kierunkiem i rozkładem obciążeń możemy sobie pozwolić na stosowanie przekrojów o najlepiej dobranej wytrzymałości - np. profilu prostokątnego pracującego na zginanie w płaszczyźnie jego dłuższego wymiaru.

Jeśli nie jesteśmy pewni kierunku działania sił, albo obciążenie jest złożone - stosujmy rurę.

- Płaskownik to nieporozumienie. Jest słabszy od rury nawet jeśli pracuje z obciążeniami w płaszczyźnie dłuższego wymiaru. Jeśli obciążymy go wzdłuż krótszej osi przekroju to już w ogóle szkoda gadać. Jeśli układ konstrukcyjny wymusi stosowanie płaskownika, to starajmy się dać je odpowiednio masywne i możliwie jak najkrótsze, lub wzmocnić je zastrzałami.

Skurcz spawalniczy

O samych metodach spawalniczych klepać zupełnie mi się nie chce. Pełno jest w sieci informacji na ten temat, więc nie ma najmniejszego sensu powielanie tych treści.

Za to o skurczu spawalniczym napiszę małe conieco, bo rzecz jest wstydliwie pomijana. Wspomnę na zachętę, że w przemyśle stoczniowym nawet do 30% czasu wykonania kadłuba, pochłaniają czynności związane z usuwaniem skurczu spawalniczego. Nieźle co? A można by było skończyć wcześniej i iść na browara.

Żadne spawanie na motocyklu albo w specjalnym szablonie nie wyeliminuje nam tych naprężeń. One będą zawsze, pytanie tylko czy na tyle popieprzą nam geometrię, że nasze żelastwo da się zamontować bez przemocy.

Żeby skutecznie z wrogiem walczyć trzeba go najpierw poznać. Skurcz spawalniczy powstaje w kilku etapach. Wygląda to mniej więcej tak:

Faza 1.

Zaczynamy nagrzewać rurę w punkcie A.

Faza 2.

Rozgrzewany metal rozszerza się wywołując naprężenia działające na zewnątrz od nagrzanego miejsca. Jako, że po drugiej stronie rura pozostaje zimna, naprężenia doprowadzają do wygięcia rury łukiem w kierunku źródła ciepła.

Faza 3.

Dalsze dostarczanie ciepła spowoduje takie nagrzanie materiału, że stanie się on plastyczny. W tym momencie naprężenia ściskające, pochodzące od nie rozgrzanej strony rury doprowadzą do (mniej więcej) wyprostowania krzywizny. Nadmiar rozgrzanego materiału wylezie na boki doprowadzając do pogrubienia ścianki. Oczywiście narysowane jest to w sporej przesadzie...

Faza 4.

Po zabraniu źródła ciepła rura będzie stygła, a w miejscu nagrzania wystąpi skurcz materiału. Skurcz ten będzie hamowany przez zimną stronę rury co oczywiście doprowadzi do przegięcia rury wklęsłością w kierunku nagrzania. Ot i cała historia.

Oczywiście pozostaną w przekroju rury naprężenia, które zsumowane z naprężeniami roboczymi mogą nam trochę namieszać. Albo pomóc, ale o tym za chwilę.

Przy każdym rodzaju spawania elektrycznego fazy 1-3 następują błyskawicznie i są praktycznie niezauważalne. Niestety faza 4 zostaje na wieki. No chyba że coś z nią zrobimy. Właśnie. Co możemy zrobić?

- Znając opisany efekt możemy tak zaplanować kolejność łączenia elementów, żeby pogięcie konstrukcji przeszkadzało nam jak najmniej. Już Wasza w tym głowa jak to zrobicie.

- Możemy też skorygować odchylenia na zimno - zwyczajnie wyginając co trzeba w odpowiedni sposób. Niestety jeśli zdecydowaliśmy się robić cokolwiek z rur cienkościennych (np. 1,0 mm) to ten sposób będzie problematyczny. Po wyjęciu z imadła taka rura będzie przypominała ukochaną zabawkę pitbulla z ostrym ADHD.

- Można od biedy korygować pilnikiem kształt otworów pod śruby mocujące (fujjj...), albo nieco bardziej elegancko - wiercić otwory we wspornikach dopiero po ich przyspawaniu, ale to z wiadomych względów sprawdza się tylko w niektórych przypadkach.

- Można też próbować zwalczyć problem jego własną bronią - czyli przez wywołanie odpowiednich naprężeń za pomocą miejscowego podgrzewania. Taki sposób wykorzystuje się czasem w kratownicowych konstrukcjach lotniczych z rur cienkościennych.

Polega on w uproszczeniu na miejscowym nagraniu ścianki rury przed i za spoiną, ale po stronie przeciwnej do spoiny.

Grzejemy do temperatury ok 650-800°C. Termometr "naoczny" daje nam w tym przydatku wystarczającą dokładność wskazań. Nie macie takiego termometru? No to Wam dam. Proszę:

Sama kolejność wykonywania poszczególnych odcinków spoin też ma znaczenie - głównie np. dla utrzymania kąta połączenia między odcinkami rur. W tym przypadku odchylenie wywołane będzie także przez siły powstające w samym materiale spoiny w czasie stygnięcia. Przy łączeniu rur starajmy się wykonywać spawy w takiej kolejności aby zachować symetrię w stosunku do geometrycznej osi układu. Oczywiście całkowicie nie wyeliminuje to odkształceń ale pomoże je znacznie zmniejszyć.

Dla przykładu połączenie rur spawane w kolejności pokazanej na rys a) daje najmniejsze odkształcenia.

Natomiast dla kierunku pokazanego na rys. b) odkształcenia będą o ok. 50% większe, a dla przypadku c) nawet o 100%.

Tak więc: palenie albo zdrowie - wybór należy do Ciebie.

Połączenia doczołowe rur to też spory temat. Zależnie od ich średnicy i grubości ściany stosuje się ściegi krokowe, krokowo-skokowe, symetryczne skokowo-krokowe i Bóg wie jakie jeszcze. Dla naszych małych rurek wystarczy raczej prosty ścieg krokowy podzielony na 2 - 3, a przy grubych rurach gmoli powiedzmy na 4 kroki. Kolejność i kierunek spoin wyglądałyby mniej więcej tak:

O tym, że krawędzie rur należy odpowiednio zfazować i że miło by było stosować tuleję do centrowania rur, nie wspomina, bo się na mnie obrażacie, że gadam jak do dyletantów.

No to może o spawaniu wystarczy.

Ballada o gięciu

Giąć będziemy na zimno bo łatwiej i nie śmierdzi. Różnych giętarek w przyrodzie występuje cała masa. Cienkościenne rury lubią być gięte na wypasionych giętarkach trzpieniowych, albo przynajmniej takich z listwą prowadzącą. Faktycznie gięcie na tym jest bardzo precyzyjne, ale do naszego żelastwa w zupełności wystarczy pospolita "skrzydłówka" - choćby taka 12 t. giętarka do rur instalacyjnych.

Takiego chińczyka można nabyć nowego już za ok. 400 zł i spokojnie wystarcza. Miałem już i potężne agregaty z napędem elektrycznym i hydrauliczne wynalazki z własnym stojakiem, ale najfajniej robi mi się właśnie na tym małym chińczyku bo jest lekki, poręczny i pracuje w dowolnej pozycji. Giętarki tego typu mają zwykle dwie rolki oporowe, które odgniatają dość paskudne wgłębienia w miejscu oparcia o rurę. Warto podłożyć pod nie dwa kawałki wygiętej w łuk blachy żeby skasować ten problem. No chyba, że mamy szczęście mieć przemy zamiast rolek, wtedy nie musimy tak cudować.

A teraz uwaga: standardowy zestaw kamieni (zwanych w tym dokumencie giętkami) obejmuje średnice od \square ($\square 1,3$ mm) w górę i mamy tu do czynienia z szeregiem wymiarowym stosowanym w rurach instalacyjnych.

Jeśli chcemy giąć rury precyzyjne lub inne, o wymiarach spoza typoszeregu rur instalacyjnych musimy wykonać specjalne giętki. Zresztą trąbiłem już o tym trochę wyżej.

Podobnie będzie także z rurkami na stelaże, których średnice są zwykle mniejsze niż w/w 21,3 mm. W tym przypadku praktyczniej będzie wykonać po prostu całą małą giętkę z napędem ręcznym. Najprostszą pod słońcem można zrobić za pomocą Pana Tokarza z dwóch rolek. Dla rury $\square 17,2$ (3/8") takie rolki wyglądać mogą np. tak:

Owe krążki można polepić do kupy za pomocą śmieci podniesionych z podłogi i już po chwili otrzymujemy mniej więcej taką giętareczkę:

Jeśli mamy kaprys gięcia rur o cienkich ściankach ten patent niestety się nie sprawdzi. Już przy ściance grubości ok. 1,5 mm rolka prowadząca wywiera na ściankę zbyt duży nacisk co doprowadzi do jej deformacji. Do takich rurek lepiej nadają się maszynki, w których rolka zastąpiona jest przez listwę przesuwaną się po łuku razem z giętą rurą. Konstrukcji takich giętarek jest sporo, a najprostsze mogą wyglądać mniej więcej tak:

lub tak:

Niestety tutaj oprócz Pana Tokarza należy dopuścić do spółki Pana Frezera co znacznie podniesie koszty.

Minimalna średnica gięcia rury zależna jest od materiału, średnicy i grubości ścianki.

Miałem szczerą chęć podać tu pełną tabelę, ale ją zgubiłem. Sorry. Może jak znajdę to uzupełnię.
CHŁOPAKI POMÓŻCIE!

Materiał ma też pewną sprężystość, z którą należy się liczyć - dla naszych materiałów dla zagięcia rury o kąt 90° trzeba przegiąć rurę o ok. $3-4^\circ$, czyli uzyskać jakieś $93-94^\circ$

Tyle o gięciu.

Rzecz o końcówkach.

Stelaż czy gmol gdzieś się kończy, a zaczyna motocykl. Rozsądne połączenie jednego żelastwa z drugim jest rzeczą chyba trudniejszą niż samo zrobienie gmoli czy stelaży.

Przyjrzyjmy się paru sposobom łączenia rur z innymi detalami.

Jednym z nich jest skręcanie śrubą przepuszczoną przez otwór w zagniecionej końcówce rury. Rzecz jest

trywialna, ale i tu można co nieco spieprzyć, więc poświęcę jej kilka liter.

Splaszczona rura staje się płaskownikiem i znacząco traci na sztywności w wiadomej płaszczyźnie. W miejscu przejścia z przekroju kołowego na prostokątny wyleżą nam na wierzch wszelkie problemy ze spiętrzeniem naprężeń w konstrukcji. Owe problemy mogą znaleźć sobie ujście przez taką np. szczelinę jak na obrazku:

Błąd polegał tu również na zgięciu końcówki o zbyt duży kąt, ale ta fotka nieźle ilustruje jak nie należy zgniatać końcówek.

Delikatne rysy świadczące o początku pęknięcia widać też na tej końcówce:

Chodzi o krawędź splaszczona - unikajmy takich właśnie prostych krawędzi prostopadłych do osi rury, gdzie nastąpi gwałtowny wzrost naprężeń podobny do "efektu karbu". Można znacznie zmniejszyć ten efekt zgniatając końcówkę po krawędzi łukowej lub przypominającej rybi ogon, jedno- lub obustronnie, zależnie od potrzebnego odgięcia końcówki. Cholera, nie wiem jak to opisać, ale na fotkach na pewno będzie widać o co chodzi.

Druga istotna rzecz - ścianki zgniecionej rury wygną się na bokach w łuki o wewnętrznym promieniu bliskim 0. Naprężenia powstające przy tak drastycznym gwałcie przekraczają zwykle wytrzymałość materiału i przy małym A5 mogą doprowadzić nawet do takiego pęknięcia:

Albo przynajmniej do powstania rozstępów czy innego cellulitisu. Dobrą metodą uniknięcia takiego oszpeceenia jest wsunięcie w środek rury wkładki z blachy o grubości nie mniejszej niż ścianka rury.

Dodatkowym zyskiem przy tej operacji jest pewne zwiększenie wytrzymałości końcówki na zginanie.

Czym zrobić rybi ogon? Najprościej chyba wyrzezać odpowiedni rowek w kowadle i poczęstować rurę stosowną liczbą impulsów młotkowych. Oczywiście dostaniemy wtedy końcówkę jednostronnie "ogoniastą" o urodzie mocno zależnej od naszych kowalskich umiejętności.

Przydałaby się do tego praska, ale jak się jej nie ma, a ma się choćby kitajską giętarkę to można sobie zrobić stosowną przystawkę do prasowania końcówek. O proszę:

W tak przygotowana paszczę wystarczy wsadzić rurę

I zacisnąć, pamiętając by pod koniec zaciskania wsunąć w rurę wkładkę z paska blachy.

Potem wystarczy przyciąć rzecz do wymaganego wymiaru, obspawać czoło zaciśniętej rury i na końcu wywiercić otwór. Końcówka gotowa. W tym przypadku rybi ogon tłoczyłem jednostronnie, bo potrzebne było lekkie odgięcie końcówki, ale dla uzyskania symetrycznego kształtu można też obustronnie.

Co więcej - przy zastosowaniu innych tłoczników, stożkowaty kształt rybiego ogona może być też odwrócony wierzchołkiem w kierunku rury. Dzięki temu otwór znajdzie się znacznie bliżej niespłaszczonej części rury, co zwiększy wytrzymałość układu. Oczywiście o ile warunki zabudowy pozwolą na taki manewr, a niestety nieczęsto pozwalają.

Gdy konieczne jest większe odgięcie płaszczyzny końcówki od osi rury, korzystniejsze konstrukcyjnie stanie się przyspawanie do rury znieawidzonego przez nas płaskownika.

Jak wszystko w życiu, tak i to można spieprzyć mniej lub bardziej.

Dobrym sposobem na utrzymanie w miarę sensownej sztywności jest wprowadzenie dodatkowych zastrzałów tworzących trzecią płaszczyznę w przestrzennym układzie elementów.

Ale bredzę, co? No dobra - chodzi mi o tą trójkątną blachę nad nakrętką:

Zwróćcie uwagę, że oś rury trafia mniej więcej w oś śruby w miejscu połączenia gmoł/motór. To dobra praktyka, bo ewentualne obciążenia poosiowe wywołają naprężenia ścinające, które śruba lepiej znieśie niż obciążenia na zginanie. Tyle że kierunek obciążeń w gmołu jest możliwy do przewidzenia mniej więcej tak samo jak pogoda we wtorek za 10 lat.

Te dwie trójkątne blaszki nad i pod śrubą też robią dobrą robotę:

Natomiast unikajmy jak zarazy długich płaskowników, zwłaszcza stosowanych w taki sposób:

Nietrudno się chyba domyślić co się stanie kiedy mocniej oprzemy się kufrem o powietrzną planetę.

Gmole zawieszane na takich płaskownikach też lepiej trzymać z daleka od ziemi, a najlepiej także z daleka od motocykla.

Dlaczego? A choćby dlatego:

Wymowne, prawda? Ale te H&B i tak nie są jeszcze takie złe. Spotyka się czasem znacznie durniejsze wynalazki, ale przemilczę to z wrodzonym taktem.

Dość solidnym patentem umożliwiającym do tego zgrabne przejście uchwytu np. przez plastikową owiewkę jest zastosowanie takiej tulei:

Śruba imbusowa M8 pięknie mieści się np. w tulei zrobionej z rury \square ($\square 1,3 \times 2,3$ mm). Wystarczy wsunąć w kawałek rury przygotowaną tulejkę z otworem $\square 8,5$ mm na jakieś 3-4 mm

(Eee... sorry za burdel na stole. Dobrze że chociaż flaszki postawiłem na podłodze...)

Obspawać...

To co wystaje uciąć, a resztę obrobić...

I już mamy gotowy solidny punkt podparcia dla stelaża, mniej lub bardziej elegancko przełazący przez plastik.

To może na razie tyle wystarczy.

Gotowych przykładów poprawnie zrobionych gratów Wam nie dam. Dlaczego? Dlatego, że każdy ma inny motocykl, inaczej chce go zbudować, ma inne potrzeby, godzi się lub nie godzi na większą lub mniejszą ingerencję w sam motocykl, chce co innego wozić i inaczej to pakować, gdzie indziej i po czym innym chce jeździć, jest większy lub mniejszy, jeździ szybciej lub wolniej, z pasażerem lub bez, a pasażer lubi siedzieć tak albo siak i trzymać łapy tu albo gdzie indziej. Nigdy jeszcze nie zdażyło mi się zrobić dwóch takich samych stelaży czy gmoli, nawet do identycznych modeli maszyn. To co będzie spełniało wymagania jednego, dla kogo innego będzie mało przydatne i wice wersacze czy jakoś tak.

Jednak pewne ogóle zasady prawidłowego zaprojektowania tego żelastwa pozostają wspólne dla wszystkich i na deser zapodam Wam kilka takich ogólników.

Najistotniejsze jest określenie jakim obciążeniem podlegać będzie konstrukcja. Mamy więc obciążenia:

- Statyczne. Jeśli chodzi o wartość i kierunek obciążeń wywołanych samą masą przewożonego ładunku to sprawa jest jasna i prosta. Do tej grupy obciążeń zaliczamy również obciążenia pochodzące od naciągu pasów, którymi ształujemy motocykl na promie, przyczepie czy innym wagonie. Do tego dochodzą też siły powstające przy spoczynku sprzętu na glebie, podnoszeniu maszyny ze stanu upadłości, wyciąganiu jej z błota czy piachu, podpieraniu czy podwieszaniu przy zmianie koła albo choćby podnoszeniu dźwigniem i różne takie.

- Dynamiczne:

* wibracje od pracy silnika - amplituda niewielka, ale częstotliwość sięga kilku(nastu) tysięcy Hz. Kierunek teoretycznie zgodny z płaszczyzną w jakiej obraca się wał korbowy, ale ja tam w to nie wierzę. Na dłuższą metę zabójcze dla połączeń spawanych zwłaszcza jeśli wykorzystujemy twarde materiały, albo mamy jakieś niepotrzebne naprężenia w konstrukcji. Stal 18G2A na przykład nie bardzo lubi takie obciążenia i potrafi popękać jak szkło, zwłaszcza w pobliżu spawów.

* wibracje od zawieszenia. Kierunek mniej więcej pionowy, zakres częstotliwości od kilku do kilkuset Hz, amplituda zależna od tego po czym i jak jedziemy. Możesz całe życie przejeździć ze stelażami które rozleca się dopiero na "stosownej" nawierzchni...

* gleby, bomby, szlify i paciaki. Temat po prostu nieogarnialny, tak jak nieogarnialna jest złożoność przypadków awaryjnego spotkania z planetą. Nie wiercie żadnym internetowym Mesjaszom, którzy twierdzą, że wiedzą jak rozłożą się naprężenia w gmołu. Łżą. Można co najwyżej z pewnym prawdopodobieństwem wyznaczyć jakieś ogólne założenia. Reszta będzie takim samym kłamstwem jak cała gałąź matematyki zwana statystyką. Niedawno mój kumpel Sambor wyliczył, że statystycznie, ja i mój pies mamy po trzy nogi - to tyle jeśli chodzi o statystykę. Jednakowoż nieco bardziej prawdopodobne jest, że to co wystaje dostanie po dupie bardziej niż to co nie wystaje. Ale to Sami dobrze wiecie.

Druga istotna sprawa to rozsądne przeniesienie tych obciążeń na konstrukcję motocykla. Tak jak ze wszystkim w życiu, tak i tu można wybrać różne rozwiązania. Można wyróżnić dwie główne drogi projektowania takiego żelastwa:

- Pierwsza, która mówi, że powinno się nie tylko korzystać z wytrzymałości konstrukcji motocykla, ale wręcz ją wzmocnić. Np. stelaże kufrów powinny być zaprojektowane tak, by zwiększać wytrzymałość tylnej części ramy, nawet na obciążenia nie pochodzące bezpośrednio od przewożonego bagażu.

- Druga, mówiąca o tym, że dobrem najwyższym jest ocalenie konstrukcji motocykla nawet za cenę rozpieprzenia gmoli czy stelaży. Przykład: Jeśli tylna część ramy jest bardzo delikatna, to projektujemy stelaże... jeszcze delikatniejsze. Chodzi tu o stworzenie sytuacji, w której ewentualna gleba nie pognie nam tyłu ramy, a tylko same stelaże. Stelaże w tym wypadku powinny zadziałać jak strefa kontrolowanego zgniotu w autach, absorbując część energii uderzenia. Idea piękna, ale piękne idee sprawdzają się w praktyce tylko na Kubie. W nowszych, odchudzonych na maxa i wydelfikowanych motocyklach, ta ścieżka może doprowadzić do budowy badziewia rozłazącego się choćby pod naporem wiatru.

Decyzja o tym, którą drogą pójść nie jest łatwa, a ja nie lubię niełatwych decyzji, więc nie będę o tym pisał. Tak czy inaczej bardzo ważne jest odpowiednie dobranie punktów podparcia i prawidłowe zrobienie mocowań. Wiem, że ogólnikowo to brzmi, ale korzystajcie z istniejących węzłów konstrukcyjnych - unikajcie tworzenia nowych węzłów, a uchwyty i mocowania róbcie tak, żeby w miarę możliwości wyeliminować wszystkie niepotrzebne stopnie swobody. I wogóle róbcie wszystko dobrze.

Już mi się nie chce dalej pisać, więc chwilowo to by było na tyle.

Źródła:

- normy przywołane w tekście

- materiały producentów i sprzedawców wyrobów hutniczych - nie podam których, bo to nie reklama do cholery

- "Wytrzymałość Materiałów" A. Jakubowicz, Z. Orłoś

- "Spawanie Elektryczne i Gazowe" L. Mistur

- "Podręcznik Spawalnictwa" Z. Dobrowolski

- "Konstrukcje Stalowe" M. Żyburtowicz jun.

- "Technologiczność Konstrukcji Maszyn" M. Skarbiński, J. Skarbiński

Pastor & TheTCM Team

pora spadania jabłek 2009

