

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **221147**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **398961**

(22) Data zgłoszenia: **24.04.2012**

(51) Int.Cl.

B06B 1/00 (2006.01)

B06B 1/02 (2006.01)

G01H 1/00 (2006.01)

(54)

Sposób stabilizowania naprężeń konstrukcji metalowych

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

28.10.2013 BUP 22/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

29.02.2016 WUP 02/16

(73) Uprawniony z patentu:

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**TOMASZ KORBIEL, Brzozówka, PL
MARCIN SZELIGA, Radzionków, PL
TOMASZ WOJTALA, Świerklaniec, PL
RAFAŁ GÓRKA, Tarnowskie Góry, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Małgorzata Geissler

PL 221147 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób stabilizowania naprężeń konstrukcji metalowych. Sposób dotyczy modyfikowania właściwości fizycznych sposobami innymi niż obróbka cieplna lub odkształcanie.

Znanych jest wiele rozwiązań wykorzystujących wibracyjną metodę oddziaływania na naprężenia wewnętrzne w konstrukcjach technicznych. Jedno z najnowszych patentów z 2011 roku CN102226326, opisujący zastosowanie metody stabilizacji wibracyjnej do odprężania kolejowych szyn bezszwowych zastrzega metodykę wzbudzania drgań oraz kontroli oddziaływań za pomocą czujnika naprężeń. Rozwiązanie to charakteryzuje się pneumatyczno – hydraulicznym układem wymuszania wibracji, a zastrzeżenia dotyczą urządzenia dedykowanego do szyn kolejowych. Stosowana metoda pomiaru jest uzupełnieniem urządzenia, wykorzystująca czujnik naprężeń. W rozwiązaniu z 2007 roku nr TW200841976 przedstawiono metodę eliminacji naprężeń wibracjami, gdzie istotą rozwiązania było sterowanie drganiami na podstawie amplitudy i częstotliwości drgań. W tym rozwiązaniu nie podaje się czasu trwania procesu oraz nie kontroluje się przebiegu procesu stabilizacji. Patenty US2009049912 oraz US2008265696 opisują metodę prowadzenia stabilizacji, poprzez wymuszanie drgań o ściśle określonych częstotliwościach: harmonicznym i pod-harmonicznym. Metody te wymagają pomiaru i detekcji częstotliwości własnych oraz harmonicznym, jednakże jest to wykorzystywane do ustalenia częstotliwości wibrowania stabilizacyjnego. Szczegółowo opisana metoda w patencie US6026687 obejmuje pomiar częstotliwości rezonansowych oraz kontrolę energii procesu wibrowania. Opisane tam zastrzeżenia obejmują pomiar częstotliwości rezonansowych, metodę doboru czasu wibrowania, oraz sposób prowadzenia procesu. Opis ten nie zawiera metody wyznaczania skuteczności wibrowania stabilizacyjnego oraz określenia czasu i siły wibrowania w funkcji istniejących gradientów naprężeń.

W polskim patencie PL155229 opisane zostało urządzenie do wibracyjnego usuwania naprężeń własnych w elementach metalowych wyposażone w wibrator zasilany napięciem o regulowanej częstotliwości, układ sterujący płynną regulacją częstotliwości, układ regulowania celem odprężenia, układ pomiaru prądu wibratora i układ pomiaru przyspieszeń elementów poddawanych wibracjom. Urządzenie to steruje jedynie procesem wibrowania nie kontrolując procesu stabilizacji naprężeń.

Zgodnie z wynalazkiem sposób stabilizowania naprężeń konstrukcji metalowych polega na wzbudzaniu drgań własnych stabilizowanej konstrukcji poprzez sterowane zawibrowanie wzbudnikiem elektromechanicznym lub pneumatycznym lub hydraulicznym.

Istotą rozwiązania jest to, że przed zawibrowaniem konstrukcji wyznacza się dominujące częstotliwości własne, za pomocą impulsatora kinematycznego, czujnika drgań, oraz zaprogramowanego analizatora mikroprocesowego analizującego sygnał drganiowy w dziedzinie częstotliwości. Następnie przykłada się, z użyciem wzbudnika drgań, w miejscach występowania strzałek postaci własnych, okresowo zmienną siłę zawibrowania, o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości własnych i wibruje się przez czas zależny od siły wymuszającej drgania i wynoszący od około 5 do 60 sekund. Następnie zaprzestaje się wibrowania i ponownie określa się częstotliwość własną stabilizowanej konstrukcji. Czynności te powtarzają się wielokrotnie do momentu, kiedy obserwowana zmiana częstotliwości własnej stabilizowanej konstrukcji zmieni się o mniej niż błąd estymacji tych częstotliwości.

Korzystne jest wyznaczanie częstotliwości własnych stabilizowanej konstrukcji testem impulsowym tak, że w pobliżu występowania strzałek postaci własnej stabilizowanej konstrukcji, przykłada się impuls kinematyczny za pomocą impulsatora kinematycznego i wykonuje się czujnikiem drgań pomiar wzbudzonych drgań w miejscu blisko miejsca przyłożenia impulsu kinematycznego, a wynik pomiaru analizuje się w dziedzinie częstotliwości.

Korzystnie siłę zawibrowania oblicza się przez porównanie amplitudy wymuszanych drgań własnych z wartością odkształcenia sprężystego konstrukcji, tak aby wartość maksymalnego naprężenia w trakcie wibrowania nie przekroczyła 75% doraźnej granicy plastyczności, i/lub wartość odkształcenia sprężystego w postaci własnej w trakcie wibrowania była mniejsza niż 75% maksymalnego odkształcenia sprężystego stabilizowanej konstrukcji.

Przedmiotowy proces składa się więc z dwóch etapów, powiązanych ze sobą. Etapem pomiarowym jest określenie dominujących częstotliwości własnych oraz ich śledzenie w trakcie procesu, drugim etapem jest sterowany proces stabilizacji mechanicznej poprzez wzbudzanie konstrukcji przez przykładanie okresowo zmiennej siły zawibrowania za pomocą urządzeń mechanicznych. Sam proces stabilizacji jest zmianą właściwości fizycznych przetwarzanej konstrukcji. Etap pomiarowy oparty jest o pomiar drgań za pomocą czujników przyspieszenia oraz analizę sygnału za pomocą algorytmów szybkiej transformaty Fouriera. Istotą pomiaru częstotliwości własnych jest wzbudzenie

drgań własnych za pomocą impulsatora kinematycznego, odwzorowującego w przybliżeniu impuls Diraca oraz analiza odpowiedzi badanej konstrukcji. Wzbudzenie można przeprowadzić na przykład za pomocą uderzenia młotka ze zmodyfikowaną końcówką. Do pomiaru drgań stosuje się przetwornik elektro – mechaniczny, zamieniający jeden z parametrów drgań – prędkość, przemieszczenie lub przyspieszenie – na sygnał elektryczny. Czujnik drgań instalowany jest w miejscu, w którym nie występują węzły podstawowych częstotliwości własnych. W przypadku złożonych konstrukcji, w których występuje wiele dominujących częstotliwości, uwzględnia się te, które są wzbudzane w trakcie eksploatacji konstrukcji oraz te, dla których wystąpiło spiętrzenie naprężeń w poprzedzających procesach obróbki. Elektryczny sygnał z czujnika jest rejestrowany oraz przetwarzany do postaci uśrednionego widma częstotliwościowego. Istotną informacją, w sposobie według wynalazku, jest częstotliwość dominujących postaci własnych.

Zaletą nowego sposobu jest więc obserwacja procesu stabilizacji naprężeń i na tej podstawie kontrolowane sterowanie drganiami mechanicznymi stabilizującymi konstrukcję.

Wynalazek zostanie bliżej objaśniony na przykładzie wykonania pokazanym na rysunku przedstawiającym schematycznie układ stabilizowania naprężeń konstrukcji metalowych.

Sposób stabilizowania naprężeń konstrukcji metalowych polega na wzbudzaniu drgań własnych stabilizowanej konstrukcji poprzez zawibrowanie wzbudnikiem elektromechanicznym. Przed zawibrowaniem konstrukcji wyznaczono, dominujące częstotliwości własne, następnie przykładano, w miejscach występowania strzałek postaci własnych, okresowo zmienną siłę zawibrowania o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości własnych. Wibrowano od 10 do 50 sekund i ponownie określano częstotliwość własną stabilizowanej konstrukcji. Zaprzestano wibrowania w momencie, kiedy obserwowana zmiana częstotliwości własnej stabilizowanej konstrukcji zmieniła się o mniej niż błąd estymacji tych częstotliwości.

Częstotliwość własną stabilizowanej konstrukcji **1** przed zawibrowaniem wyznaczono z użyciem impulsatora kinematycznego **2** i czujnika drgań **3**. Zastosowany został impulsator typu młotek modalny 150 g z czujnikiem akcelerometrycznym. Otrzymane dane oraz dane z pomiarów po kolejnych zawibrowaniach przetwarzano w analizatorze mikroprocesorowym **4**. Analizator mikroprocesorowy został zbudowany w oparciu o komputer pomiarowy wyposażony w karty pomiarowe. Wyodrębniono w nim bloki analizy sygnału i analizy modalnej informacji pochodzących z czujnika drgań. Sygnały drganiowe analizowano w dziedzinie częstotliwości. Według obliczonych parametrów prowadzono następne zawibrowania. W przytoczonym przykładzie użyto wzbudnika **5** elektromechanicznego mimośrodowego. Możliwe jest też użycie wzbudnika pneumatycznego lub hydraulicznego.

Częstotliwości własne stabilizowanej konstrukcji wyznaczano testem impulsowym tak, że przykładano w pobliżu występowania strzałek postaci własnej stabilizowanej konstrukcji, impuls kinematyczny za pomocą impulsatora kinematycznego i wykonano pomiar wzbudzonych drgań w miejscu blisko miejsca przyłożenia impulsu kinematycznego, a wynik pomiaru analizowano w dziedzinie częstotliwości.

Siłę zawibrowania oblicza się przez porównanie amplitudy wymuszanych drgań własnych z wartością odkształcenia sprężystego konstrukcji, tak aby wartość maksymalnego naprężenia w trakcie wibrowania nie przekroczyła 75% doraźnej granicy plastyczności, i/lub wartość odkształcenia sprężystego w postaci własnej w trakcie wibrowania była mniejsza niż 75% maksymalnego odkształcenia sprężystego stabilizowanej konstrukcji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób stabilizowania naprężeń konstrukcji metalowych polegający na wzbudzaniu drgań własnych stabilizowanej konstrukcji poprzez zawibrowanie wzbudnikiem elektromechanicznym lub pneumatycznym lub hydraulicznym, **znamienny tym**, że przed zawibrowaniem konstrukcji wyznacza się, dominujące częstotliwości własne, następnie przykładano, w miejscach występowania strzałek postaci własnych, okresowo zmienną siłę zawibrowania, o częstotliwości zbliżonej do częstotliwości własnych i wibruje się przez czas zależny od siły wymuszającej drgania i wynoszący od około 5 do 60 sekund, a następnie zaprzestaje się wibrowania i ponownie określa się częstotliwość własną stabilizowanej konstrukcji przy czym czynności te powtarzane są wielokrotnie do momentu, kiedy obserwowana zmiana częstotliwości własnej stabilizowanej konstrukcji zmieni się o mniej niż błąd estymacji tych częstotliwości.

2. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że częstotliwości własne stabilizowanej konstrukcji wyznacza się testem impulsowym tak, że przykłada się, w pobliżu występowania strzałek postaci własnej stabilizowanej konstrukcji, impuls kinematyczny za pomocą impulsatora kinematycznego, i wykonuje się pomiar wzbudzonych drgań w miejscu blisko miejsca przyłożenia impulsu kinematycznego, a wynik pomiaru analizuje się w dziedzinie częstotliwości.

3. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że siłę zawibrowania oblicza się przez porównanie amplitudy wymuszanych drgań własnych z wartością odkształcenia sprężystego konstrukcji, tak aby wartość maksymalnego naprężenia w trakcie wibrowania nie przekroczyła 75% doraźnej granicy plastyczności, i/lub wartość odkształcenia sprężystego w postaci własnej w trakcie wibrowania była mniejsza niż 75% maksymalnego odkształcenia sprężystego stabilizowanej konstrukcji.

Rysunek

