

StruTec®

Kilian Eisenegger
mhvj, Manufacture Horlogère Vallée de Joux, Rue Georges-Henri Piguet 11, 1347 Le Sentier

Résumé

StruTec® + 10% !

mhvj apporte la preuve que les performances des mouvements mécaniques de haute-horlogerie peuvent encore gagner en précision par la maîtrise scientifique et l'application des technologies de pointe.

StruTec® (contraction de Structure Technologie) est une technique développée par mhvj, directement inspirée de l'architecture. Pour le rendement de l'échappement il est important que les composants soient à la fois rigides et légers. Nous avons développé un processus de fabrication qui permet de réaliser des structures dont le rendement est exceptionnel. Le gain de rendement d'un tel échappement est supérieur à 10 % d'un échappement traditionnel. Tous les échappements mhvj existent en Version StruTec®.

Abstract

StruTec® boosts yield by 10%!

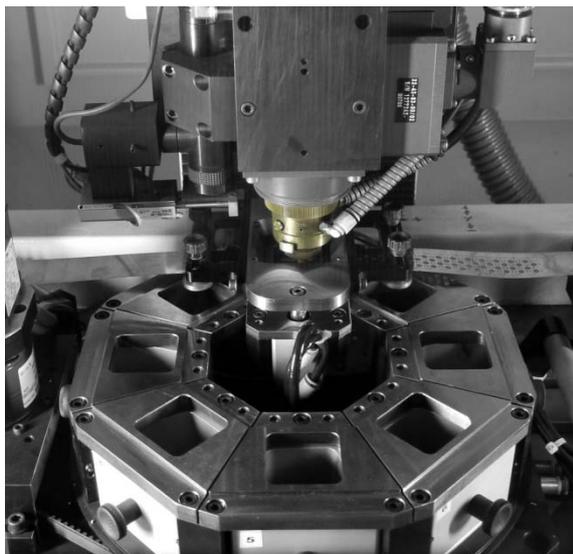
mhvj have proven that the accuracy of fine mechanical watch movements can be improved using solid science and the latest technologies.

Inspired by architecture, StruTec® (Structure Technologie) is a technique developed in-house by mhvj. To achieve maximum escapement yield, the components must be rigid yet lightweight. We have developed a manufacturing process that results in structures with exceptional yield. Escapements made using these components can have yields up to 10% greater than traditional escapements. StruTec® is available for all mhvj escapements.

Processus de fabrication

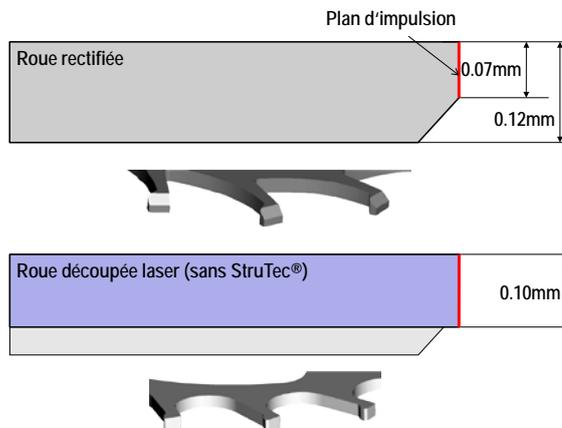
Avec l'introduction de la technologie découpe laser nous avons cherché la solution pour supprimer le biseau sur les roues d'échappements. Une roue d'échappement traditionnelle a une épaisseur de 0.12mm avec une hauteur sur le plan d'impulsion de 0.07mm. Nous avons donc eu l'idée de fabriquer de roues d'échappements dans une épaisseur de 0.08mm.

La géométrie traditionnelle des roues d'échappements avec une épaisseur de 0.08mm se déforme en parapluie lors du rivetage parce qu'elles ne sont pas assez rigide.



1 Découpe laser, roues échappements StruTec(R)

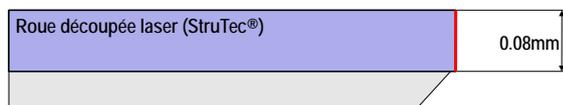
Les gains en temps de production sans rectification des biseaux est de 50% et nous avons supprimé une reprise.



2 sans StruTec(R)

Sans la technologie des structures nous sommes capables de descendre jusque à 0.10mm. Les roues d'échappements pour le calibre A10 sont produites avec ces dimensions.

Avec la technologie des structures nous pouvons descendre à 0.08mm d'épaisseur pour la roue d'échappement.



3 avec StruTec(R)

Structure Technologie

Nous avons cherché des solutions pour adapter la géométrie avec une épaisseur de 0.08mm. La solution se présente avec des structures utilisées dans l'architecture.

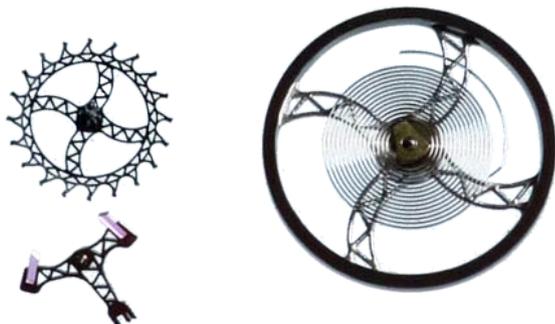


4 Pont Vaalankurkku

Dans les structures il est important de respecter des règles pour l'épaisseur des bras. S'ils sont trop rigides nous perdons l'avantage des structures. mhvj a déposé un brevet pour l'application des structures dans les microcomposants. La technologie est utilisable pour différent matières comme l'acier inox et le silicium avec un revêtement diamant.

L'échappement StruTec®

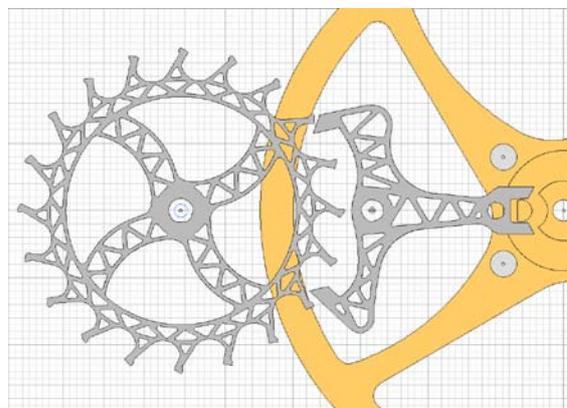
L'application clé pour l'utilisation des technologies StruTec® sont des composants fortement dynamiques dans la montre comme les échappements. Nous avons donc créé un échappement évidé d'après les lois des structures pour être très léger (plat 0.08mm) et en même temps très rigide. Un effet secondaire est que cette technologie enlève tous les contraintes dans la matière.



5 échappement 20.3 StruTec(R) durnico

Simulation dynamique des échappements StruTec®

Pour valider les avantages en gain de poids nous avons fait des simulations dynamiques avec la société Realphysics(1) à Winterthur.



6 Simulation dynamique Realphysics

Le gain en rendement est de 10% avec une fréquence de 4Hz à 24 heures. Nous avons surtout vu un avantage dans les amplitudes faibles à partir de 24 heures. Nous avons réduit le plat pendu <= 35° pour une réserve de marche <= 50h.

Différence en poids (ProE)

Roue standard épaisseur 0.12 mm (Durnico) 5.58mg
Roue StruTec 0.08mm (Durnico) 2.94mg

L'ancre standard (Durnico) 2.99mg
L'ancre StruTec (Durnico) 2.73mg

Nous avons donc réduit de presque 50% le poids de la roue d'échappement.

Roue d'échappement	Standard	StruTec®	Delta
Poid en mg	5.58	2.94	52.69%
Surface			22.40%
Epaisseur mm	0.12	0.08	66.67%
Delta Poid StruTec®			13.98%

Différence en surface

Delta en surface roue standard et roue StruTec® 22.4%

Resultats de notre mouvement Cal. 2005

Le gain dans notre mouvement Cal. 2005 avec la même force motrice qu'un autre calibre référence et de 10% en moment d'inertie du balancier.

	Cal 2005	Cal référence
Force motrice	7.7 Nmm	7.7 Nmm
Reserve de marche	42 heures	42 heures
Pointage	20.3	20.3
Moment d'inertie	9 mgcm²	8 mgcm²
Epaisseur	3.7 mm	3.7 mm

Dans la tablelle suivante nous avons le relevé de marche moyenne entre les postions 0 et 24 heures.

Marche à 0 heure			
	Marche[s/d]	Repère[ms]	Amplitude[°]
CH	-0.6	0.2	304
CB	-0.8	0.1	283
9H	-1.6	0.3	267
6H	-1.6	0.3	264
3H	-2.2	0.3	256
12H	-1.8	0.3	266

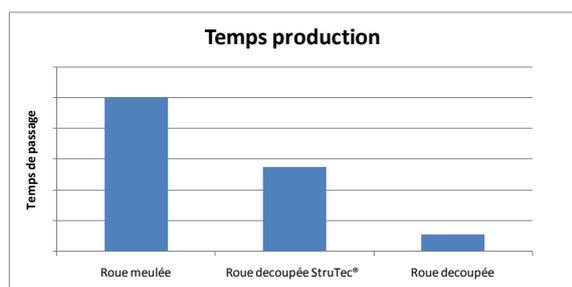
X	-1.4	0.3	273
D	1.6	0.2	48
DVH	-1.1		-30
Di	-1.0		
DVm	0.7	Φ	343

Marche à 24 heures			
	Marche[s/d]	Repère[ms]	Amplitude[°]
CH	0.3	0.2	276
CB	0.2	0.1	260
9H	-3.3	0.3	247
6H	-2.6	0.3	248
3H	-2.5	0.3	252
12H	-2.6	0.3	249
X	-1.8	0.3	255
D	3.6	0.2	29
DVH	-3.0		-19
Di	-2.9		
DVm	1.1	Φ	180

Comme indiqué nous voyons surtout l'avantage dans les amplitudes plus basses à 250° de la roue qui est plus légère. La différence entre plat/pendu est 273°-255° = 18° très favorable pour passer les critères de COSC.

Temps de passage sans polissage

La technologie des structures est surtout développée pour découper des roues sans rectification. Les temps de passage ont aussi évolué. Une roue rectifiée nécessite 50% plus de temps.



7 Temps de passage roue

	Épaisseur mm
Roue meulée	0.12
Roue découpée StruTec®	0.08
Roue découpée	0.10

L'échappement StruTec® en DCS

Nous avons produit en 2009 ensemble avec Sigatec(2) des roues et des ancrs en silicium avec un revêtement en diamant de 0.005mm Diamaze(3). Cette production était faite pour tester le comportement des Structures avec le revêtement DCS.

Les palettes sont courbées et intégrées dans l'ancre.



8 Ancre DCS

La roue d'échappement utilise une géométrie avec des dents courbées.

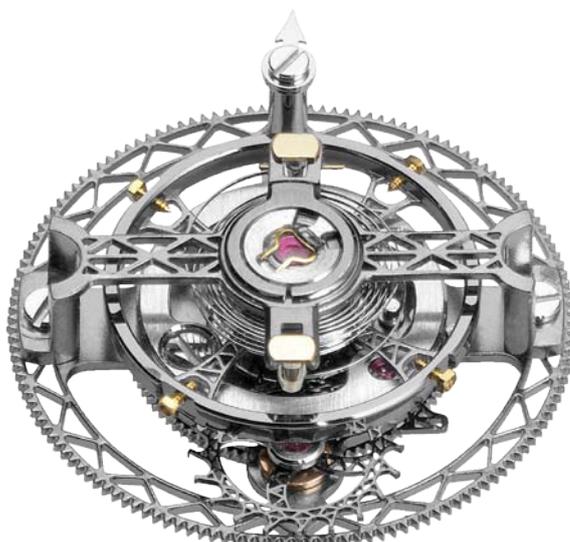


9 Roue DCS

Les avantages de la technologie StruTec® avec DCS(4) sont les renforcements par augmentation de la surface diamant et la légèreté des composants.

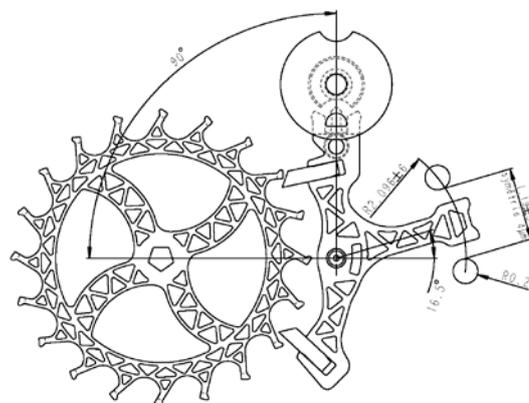
L'application Tourbillon en StruTec®

Le tourbillon montre une autre application typique pour l'utilisation de la technologie des structures.



10 Tourbillon Cal. 2005 double spirale en version StruTec(R)

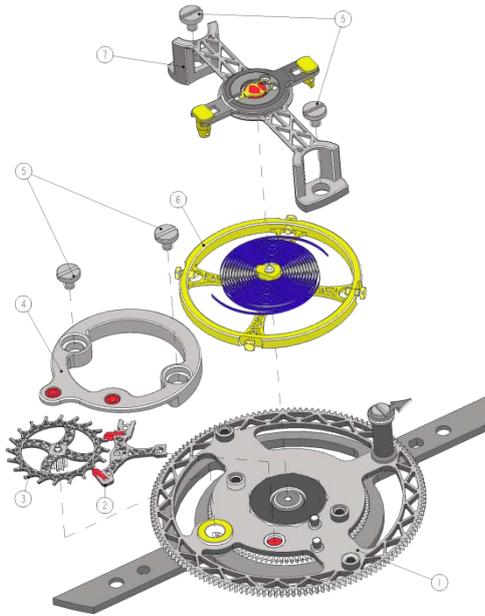
Nous avons construit un tourbillon double spirale avec un pointage 20.3 à 90° (pointage 4 de mhvj) où la roue d'échappement se trouve sur un axe à 90° du pont 180°. Le moment d'inertie du balancier est 9mgcm².



11 Pointage 4 mhvj

Les composants suivants sont en technologie StruTec®.

1. Roue de cage
2. Pont de cage
3. Balancier
4. Roue d'échappement
5. Ancre

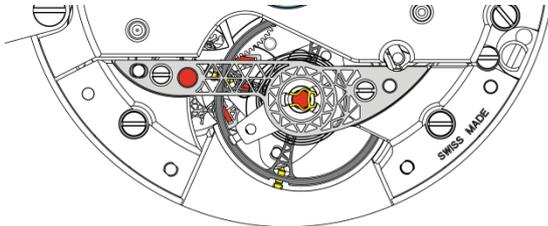


12 Eclater du tourbillon StruTec(R)

Le poids de la cage de tourbillon complet est de 0.668g

Autres applications dans le mouvement

La technologie des structures est aussi applicable pour d'autres composants dans le mouvement comme des ponts acier, des noyaux de masse etc.



13 Cal. 2005

Nous avons construit un pont antichoc en StruTec® pour éviter à l'antichoc de se déchasser.



14 Cal. 2005 avec composants StruTec(R)

Conclusion

La technologie des structures nous aide à maîtriser des épaisseurs faibles et d'augmenter la performance du mouvement mécanique. L'esthétique est un gain secondaire.

Les gains

- Performance dynamique
- Rigidité
- Légèreté
- Maîtrise du processus de fabrication (enlever les contraintes, supprimer les reprises)
- Esthétique

Références

- (1) Realphysics Silux, www.realphysics.ch
- (2) Sigatec, Sion, www.sigatec.ch
- (3) Diamaze, Gesellschaft für Diamant, Ulm, www.diamaze.ch
- (4) DCS, diamond coated silicon, Diamaze
- (5) StruTec®, www.strutec.ch