

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

FTAMP 20.21.25
ӘӨЖ: 539.3:621

DOI [10.53002/008](https://doi.org/10.53002/008)

Қ.Е. Ермаханбетов

*Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан
(E-mail: k.ermakhanbetov@tttu.edu.kz)*

Материалды ығысу сызығы бойынша қыздыру

Жұмыста жанаспалы сыну механикасында жанасу жүктемесі кезінде сырғанау сызықтары мен жарықшақтардың пайда болу механизмдері қарастырылады. Тәжірибелік деректер ығысу аймақтарындағы жергілікті жылытуды және оның құрылымдық ақаулардың, соның ішінде рельстер мен домалау мойынтіректеріндегі механикалық мартенситтің ақ қабаттарының пайда болуына әсерін растайтын мәліметтер берілген.

Субдукция аймақтарындағы үйкеліс және көшкін ағындары сияқты геологиялық процестерге ұқсастықтар зерттеледі. Контакттілі өзара әрекеттесу кезінде ақаулардың пайда болуының жаңа заңдылықтары ашылды, оның ішінде ығысу сызықтары бойында жарықшақтардың пайда болуы, кеуектер мен сатылы жарықтардың пайда болуы. Алынған нәтижелер материалтану, геомеханика және инженерия үшін практикалық әсер етуі мүмкін.

Түйін сөздер: сыну механикасы, сырғанау сызықтары, жанасу жүктемесі, мартенсит, үйкеліс, қыздыру, жарықтар, субдукция, көшкін ағындары, геология, деформация жылдамдығы, контакттік кернеу, геомеханикалық ұқсастық, сталагмит түзілуі.

Сынулардың жанасу механикасында жанасу кезінде пайда болатын сырғанау сызықтары мен жарықшақтар мәселелері өте күрделі болып қала береді және осы тақырыпқа арналған тәжірибелер өзекті болып табылады [1].

70 жыл бойы ғалымдар рельстер мен домалау мойынтіректеріндегі контакттілі шаршау сызаттарын зерттеген кезде жарықшақтардың шеттерінде ақ қабаттар – жоғары көміртекті механикалық мартенсит тапты [2][3].

Механикалық үйкеліс кезінде көп жылу ондаған микросекундтарда тез бөлінеді, бірақ жылуды жою физикалық түрде мүмкін емес, жылуды жою баяу процесс, өйткені; ығысу жазықтығының ауданы өте аз. Тіпті өлшемдегі қатты материалдың текшесі шөгкенде де

10 мм, диагональды ығысу сызықтары қалыптасады, олар әдебиетте сипатталған (тепловизорды пайдаланатын зерттеулер 0,1°-тан жоғары дәлдік береді) [4][5].

Ұқсас нәтижені жапон геологтары теңізде, 300 м тереңдікте, бір мұхит тақтасы екінші мұхиттың астында қозғалатын жерде дәл бұрғылаған. Байланыс сызығының нүктесінен өзек алынды (ығысу сызығы) [6]. Өзегі үстел үстіндегі науаға төселген және оның жанындағы базальт қалыпты түсті болғанымен, қара, балқытылған көрініске ие болды. Мұндай байланыс кезінде температура 800 градусқа жетеді немесе одан да көп [7]. Біз 2007 жылы зертханада осындай нәтижеге қол жеткіздік. Ø8 мм вольфрамды карбид шары 0,5 м x 0,5 м x 0,3 м өлшемді гранит блокқа сығылды.

Шардың астына деформацияларды 0,01 мм дәлдікпен өлшеу үшін жез торы қойылды. Дегенмен, біздің тәжірибемізде тор баяу жүктеу кезінде жойылып, балқытылған - 30 есе үлкейту кезінде көптеген жезден жасалған шарлар көрінеді (бұл 800 градус) [8].

Металлды қалыптау кезінде деформация жылдамдығы неғұрлым төмен болса, соғұрлым үйкеліс коэффициенті жоғары болады, бірақ деформацияның жоғары жылдамдықтарында дайындаманың жоғары жылдамдықты илемдеу кезінде қызуы басталады (кішігірім профильдер үшін ығысу сызықтары бетке жақын шоғырланған) және прокат стендтері арасында прокатты салқындату қажет.

Сол сияқты қозғала бастаған қар көшкіні ығысу жолақтарындағы үйкеліс әсерінен тез қызады, өйткені сырғанау жолақтарында майлау пайда болды - қысым мен үйкелістен су тамшылары,

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

деформация кезінде қар ериді, бірақ ол тоқтаған кезде ол бірден қатып қалады, өйткені Айналада ауа температурасы нөлден төмен, қар жауады.

Таулардың беткейлерінде судың болуы да Прандтль мәселесі аясында үйкелістің төмендеуіне әкеледі: үйлер, ағаштар және т.б. ығысу сызықтары бойымен төмен қарай сырғанайды, ал қозғалыс кезінде топырақ ығысу жазықтықтарында псевдосұйықтық сияқты әрекет етеді [9],[10].

Бұл көшкіндер әдетте шамамен 30° бұрышта болады және көбінесе қалыңдығы ондаған метрге жетеді.

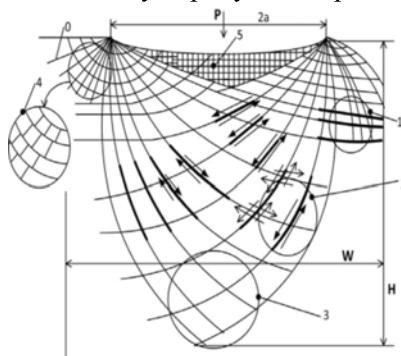
Ауысулар үлкен амплитудалары бар тербеліс кезінде орын алатындықтан, сырғанау сызықтары бірнеше миллисекундта өткенде (эксперименттік деректер) 900° -қа дейін қызу жүреді, ал жылу өткізгіштік қыздырылған элементтің ауданына, материалдың жылу өткізгіштігіне және температура айырмашылығына байланысты. Осылайша, жергілікті ығысу жолақтарында қайтымсыз құрылымдық өзгерістер орын алады (жалпы құбылыс - олар өте жақын қашықтықта екі параллель сызыққа ұқсайды - нақты кристалдар мен металдарда бұл ондаған микрон).

Шар тәрізді инденттердің астында 5-6 полимер қабаттарында бір жүктемеден 5-8 түрлі жарықшақтардың пайда болатынын тәжірибе жүзінде анықтадық [1].

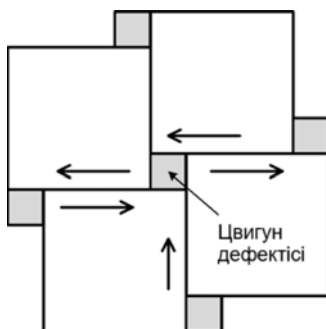
Шаршау шегінісімен немесе доп домалап жатқанда, сурет күрделене түседі. Жұмыс шегініс кезінде қызу, мұздың еруі және түсіру кезінде оның лезде қатып қалуы болатынын көрсетеді. Қағазда сырғымалы сызықтар ашылғанда пайда болатын үш өлшемді ақаулар-кеуектер сипатталған.

Егер шар (НВ400 болат) әдетте полипропилен пластиналарының қаптамасына салынса (қалыңдығы 1 мм қысқышпен қысылған 8 пластинадан тұратын қаптама), жүктегеннен кейін шардың осі бойындағы контактілі деформацияларды тексеруге мүмкіндік береді.

Суретте. 1 тікелей шардың астында жабысу аймағы (5) бар, сол жақта (0) және оң жақта (көрсетілмеген), қысқа конустық Герц жарықтары пайда болғанын көруге болады (0). Шамамен 0,5 Н тереңдікте аймақ (2) ығысу сызықтарындағы жарықтар, бойлық жарықтар (1) бар, (1) сол жақта және оң жақта (1) серпімді және пластикалық аймақтар арасында шекара бар, оның бойында домалау жанасу кезінде бойлық, жасырын жарықтар өсуі мүмкін, бет бойымен r және оның тереңдігінен шыққан жарықтар. Аймақ (3) – индукцияланған созылу кернеуінен терең тік жарықшақ.



Сурет 1 – Ø8мм шардың полиэтилентерефталатқа ығысу сызықтары мен жарықшақтарды (қара сызықтар) анықтаумен енуі (қалыпты). Байланыс алаңы $2a$, W – ені, H – тереңдігі



Сурет 2 – В.Н. ақаулары. Цвигуна. Текшелердің серпімді-пластикалық ығысуы олардың жиектерінде кеуектердің (сұр квадраттар) және жарықтардың пайда болуына әкеледі.

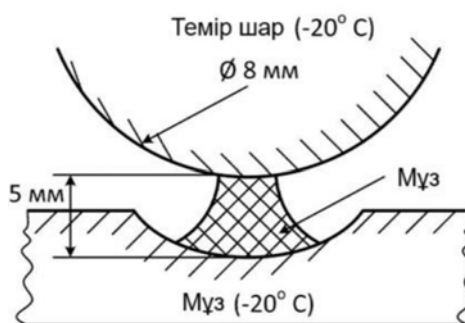
Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

Осыған байланысты бұзылу кезінде металдар мен қатты жыныстарды жұмыста шыңдау кезінде материалдың көлемі (ВМ) артады. Бұл конгломерат созылуға қарсы тұрмайды және гранитті төселген тастарға ұқсайды.

Мүмкін жаңа заңдылықтың ашылуы: әр ұяшықтағы кернеулердің оның ауданы бойынша көбейтіндісі тұрақты мән болып табылады. Сызбаның үстіңгі бөлігіндегі әрбір қиылыста кеуектер мен жарықтар пайда болады, оларды ақаулар деп атаймыз. Цвигуна (2-сурет).

4-аймақ – ығысу жазықтықтары арасындағы сатылы жарықтар. Жер бетінде мұндай объектілер - кадамдық ығысулар мен жарықтар жиі кездеседі.

Суық шарды мұзға енгізген кезде (-20° , 3-сурет) ол ериді (5-аймақ, кіші ұяшық), бірақ шарды түсіріп, 5 мм-ге көтерген бойда доптан 5-ші аймаққа сталагмит бірден қатып қалады.



Сурет 3 – Мұздың қаттылығын сынаудан кейін сталагмиттің қату құбылысы

Салқындатылған мұздың $\varnothing 8$ мм салқындатылған шардың астында еру құбылысы 10 кг индентерлік жүктеме кезінде пайда болады, іздің диаметрі 5 мм, содан кейін Бринелл бойынша мұздың қаттылығы 0,23 кг/мм².

Ерігеннен кейін лезде қату және мұздың сталагмит түріндегі инденттерге жабысуы қыста тікелей мұзды асфальтта (еріу кезінде) дымқыл шиналардың өсуі кезінде, диаметрі шамамен 10 мм және судың түсуі болатын конустық сталагмиттердің пайда болуы түрінде байқалатынын көрсетеді [9].

Тауларда қалыңдығы 15 м-ден асатын қар қабаты болғанда мұздың ери бастауына жағдай жасалады. Жоғары қысымды көлбеу жағдайында мұз ағындары шамамен 1 км/жыл жылдамдықпен 10 градустан астам еңіспен сырғанайды. Қысымнан еру, жарықтардың пайда болуы, олардың сумен толтырылуы және жарықтардағы судың қатуы жолақты мұздың пайда болуына әкеледі.

Мұндай гравитациялық ағындар тау жыныстарының қалдықтарынан (генезис) қалыптасады: ескі жанартау болды, оның тік қабырғалары мұздың салмағынан құлап, тостаған тәрізді цирктен мұз ағындары арқылы жүзеге асырылады.

Жер сілкінісі кезінде тас пен мұздың ағыны бірнеше есе жылдамдайды, өйткені үйкеліс күштері азаяды. Жер бетіндегі барлық геотекстильдерде сумен толтырылған майда жарықтар желілері бар. Сондықтан гранит, мұздың салмағымен, кейде мұзға қарағанда оңай жойылады [10].

Әдебиет тізімі

1. Цвигун В. Н., Шур Е. А., Кузнецов В. Н., Койнов Р. С. Изучение механизмов контактно-усталостных дефектов в рельсах: монография / В. Н. Цвигун, Е. А. Шур, В. Н. Кузнецов, Р. С. Койнов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет. – Новокузнецк: СибГИУ, 2017. – 132 с.
2. Ахматов А. С. Механика разрушения тел с трещинами при контактных нагрузках. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
3. Блюм Г., Маунц Р. Контактная усталость и методы её исследования. – Л.: Машиностроение, 1987. – 208 с.
4. Халатов А. И. Теплофизика трения и износа. – К.: Наукова думка, 2003. – 312 с.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

5. Юсупов М. Х. Механические свойства мартенсита и их влияние на контактную выносливость. – Ташкент: Фан, 1990. – 156 с.
6. Кравцов В. А. Фрикционные процессы и тепловыделение при скольжении. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 198 с.
7. Канунников В. Н., Погорелов Ю. И. Контактные взаимодействия в твёрдых телах при высоких нагрузках. – СПб.: Политехника, 1996. – 175 с.
8. Васильев А. А., Плотников А. В. Исследование температурного поля при контактной деформации материалов. // Изв. вузов. Машиностроение. – 2011. – № 7. – С. 56–62.
9. Титов А. Н. Контактные напряжения и усталостное разрушение. – М.: Наука, 1973. – 342 с.
10. Гулагов Б. М. Контактные явления в геомеханике: теория и практика. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 256 с.

Қ.Е. Ермаханбетов

Нагрев материала по линии сдвига

В статье рассматриваются механизмы возникновения линий скольжения и трещин при контактной нагрузке в механике контактного разрушения. Экспериментальные данные предоставляют данные, подтверждающие локальное нагревание в зонах сдвига и его влияние на образование структурных дефектов, в том числе белых слоев механического мартенсита в рельсах и подшипниках качения. Изучаются сходства с геологическими процессами, такими как трение и лавинные потоки в зонах субдукции. Выявлены новые закономерности образования дефектов при контактном взаимодействии, в том числе образование трещин вдоль линий сдвига, образование пор и ступенчатых трещин. Полученные результаты могут иметь практические последствия для материаловедения, геомеханики и инженерии.

Ключевые слова: механика разрушения, линии скольжения, контактная нагрузка, мартенсит, трение, нагрев, трещины, субдукция, лавинные потоки, геология, скорость деформации, контактное напряжение, геомеханическое сходство, образование сталагмита.

References

1. Tsvigun V. N., Shur E. A., Kuznetsov V. N., Koinov R. S. Izuchenie mekhanizmov kontaktno-ustalostnykh defektov v rel'sakh: monografiya / V. N. Tsvigun, E. A. Shur, V. N. Kuznetsov, R. S. Koinov; Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Sibirskiy gosudarstvennyy industrial'nyy universitet. – Novokuznetsk: SibGIU, 2017. – 132 s.
2. Akhmatov A. S. Mekhanika razrusheniya tel s treshchinami pri kontaktnykh nagruzkakh. – М.: Mashinostroenie, 1985. – 240 s.
3. Blyum G., Maunts R. Kontaktnaya ustalost' i metody ee issledovaniya. – L.: Mashinostroenie, 1987. – 208 s.
4. Khalatov A. I. Teplofizika trenia i iznosa. – K.: Naukova dumka, 2003. – 312 s.
5. Yusupov M. Kh. Mekhanicheskie svoistva martensita i ikh vliyanie na kontaktnuyu vynoslivost'. – Tashkent: Fan, 1990. – 156 s.
6. Kravtsov V. A. Friksionnye protsessy i teplovydelenie pri skolzhenii. – М.: MGTU im. N. E. Bauman, 2010. – 198 s.
7. Kanunnikov V. N., Pogorelov Yu. I. Kontaktnye vzaimodeistviya v tverdkh telakh pri vysokikh nagruzkakh. – SPb.: Politekhnik, 1996. – 175 s.
8. Vasil'ev A. A., Plotnikov A. V. Issledovanie temperaturnogo polya pri kontaktnoi deformatsii materialov // Izv. vuzov. Mashinostroenie. – 2011. – No. 7. – S. 56–62.
9. Titov A. N. Kontaktnye napryazheniya i ustalostnoe razrushenie. – М.: Nauka, 1973. – 342 s.
10. Gulagov B. M. Kontaktnye yavleniya v geomekhanike: teoriya i praktika. – Ekaterinburg: UrFU, 2012. – 256 s.